**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA**

**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS ELETRÔNICOS**

# CENTRAL CONDOMINIAL PRIVADA DE COMUTAÇÃO AUTOMÁTICA ATÉ 24 RAMAIS

Silvio Rodrigo de Lima

**Florianópolis**
**2011**

**SILVIO RODRIGO DE LIMA**

# Central Condominial Privada de Comutação Automática Até 24 Ramais

**Florianópolis**
**2011**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA**
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA**
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS ELETRÔNICOS**

**SILVIO RODRIGO DE LIMA**

# Central Condominial Privada de Comutação Automática Até 24 Ramais

Trabalho de conclusão de curso submetido à banca examinadora do curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos.

Professor Orientador: Golberi Ferreira, Dr.

**Florianópolis**
**2011**

# Central Condominial Privada de Comutação Automática Até 24 Ramais

**SILVIO RODRIGO DE LIMA**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Especialista em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 07 de dezembro de 2011.

Banca Examinadora:

_____
Golberi Salvador Ferreira, Dr. Eng.

_____
Charles Borges de Lima, Dr. Eng.

_____
Márcio Osli dos Santos, Especialista.

Acima de tudo a Deus, nosso senhor e criador de todas as coisas.
À minha esposa Priscila.
Aos meus filhos Pedro e Ryan.
À minha mãe Deolinda.
Ao meu pai Claudino.

# AGRADECIMENTOS

À Deus, por mais esta oportunidade de crescimento e desenvolvimento nos meus estudos.

Aos meus pais, que sempre me apoiaram e acreditaram nos meus esforços.

À minha esposa, pela paciência, compreensão e apoio.

Aos meus filhos, sempre me apoiando com seu sorriso.

Ao professor Golberi Ferreira pela orientação e incentivo.

Ao Márcio Osli, que possibilitou que este trabalho fosse desenvolvido dentro do ambiente de trabalho.

À Intelbras S.A., pela oferta da estrutura de desenvolvimento e avaliação do protótipo.

# RESUMO

Atualmente, no mercado imobiliário, existe uma crescente demanda na construção de pequenos condomínios, edificações estas que mesmo com infraestrutura simples, ainda devem oferecer aos moradores segurança e conforto a um baixo custo. Usualmente em prédios antigos e mesmo em alguns mais novos, placas de interfonia de baixo custo, são sistemas de comunicação simples que permitem aos visitantes do prédio estabelecer comunicação com um determinado apartamento através de um porteiro eletrônico instalado na entrada do condomínio. Entretanto, em alguns casos um segundo morador pode retirar seu ramal do gancho e escutar a conversa, ou seja, não há sigilo. Neste caso há um único enlace para comunicação, e apenas um ramal pode ocupá-lo a cada chamada para liberar a entrada de pessoas no condomínio.

A central de portaria descrita ao longo deste trabalho, mostra como foi desenvolvido um projeto inovador de central de portaria de baixo custo, com gerenciamento microcontrolado, que permite até quatro enlaces de comunicação sigilosos e simultâneos, seja entre apartamentos, ou entre apartamento e porteiro eletrônico externo (no máximo dois porteiros, considerando condomínios com duas entradas).

A central de portaria CP 24 Light foi instalada em seis condomínios na região da grande Florianópolis, sendo que dois deles têm dois blocos, totalizando oito prédios. Ainda, em dois prédios há dois porteiros externos, pelo fato de haver duas portas de entrada no condomínio; e os outros seis apenas um porteiro externo. O número de ramais instalado varia entre doze e vinte e quatro, dependendo do prédio.

A CP 24 Light foi desenvolvida para oferecer ao mercado uma alternativa diferenciada, porém de baixo custo, para estes pequenos condomínios, sem abrir mão das facilidades básicas encontradas em centrais de portaria com maior capacidade e custo mais elevado.



Palavras-Chave: Central Telefônica Analógica, Interfonia Condominial, Sistemas de Comunicação.

# ABSTRACT

Currently, the housing market, there is a growing demand in the construction of small buildings, buildings that even with simple infrastructure, must still provide security and comfort at a low cost to the residents. Usually in old buildings and even some newer, intercom boards of low cost, are simple communication systems that allow visitors to the building to communicate with a particular apartment through an intercom installed in the entrance of the condominium. However, in some cases one second resident may take its extension of the hook and listen to the conversation so, there is no secrecy. In this case there is a single link for communication, and only one extension can fill it in each call to release people into the condominium.

The central entrance described throughout this work shows how it was developed a project innovative of central entrance of low cost, management microcontroller, which allows up to four communication links sensitive and simultaneous or between rooms or between apartment and external electronic door phone (maximum two porters, considering condominiums with two entries).

The central entrance CP 24 Light was installed on six condominiums in the region of Florianópolis, two of which have two blocks, a total of eight buildings. Still, there are two buildings with two external door phones, because there are two entrance doors in the condominium; and the other six just external porters, in the outside area. The number of extensions installed varies between twelve and twenty four, depending on the building.

The CP 24 Light is designed to provide a differentiated alternative to the market, but low cost, for these small condominiums, without compromising the basic features found in centrals entrance with greater capacity and higher cost.



Key-Words: Analogue Telephone Central, Intercom Condominium, Communication Systems.

# LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Placas da CP 24 Light. ..... **21**

Figura 6.1 – Nós e Arcos. ..... **24**

Figura 6.2 – Modelo elementar de comunicação..... **27**

Figura 6.3 – Comunicação entre quatro aparelhos telefônicos.. **28**

Figura 6.4 – Conceito da central comutadora..... **29**

Figura 7.1 - Módulo Base/CPU da central. ..... **41**

Figura 7.3 - Porta ISP. ..... **43**

Figura 7.4 - Porta JTAG. ..... **43**

Figura 7.5 - Memória E2PROM. ..... **44**

Figura 7.6 - Serial RS-232. ..... **45**

Figura 7.7 - Gerador de tons..... **47**

Figura 7.8 - Decodificador DTMF..... **48**

Figura 7.9 - Gerador de tom MF. ..... **50**

Figura 7.10 - Matrizes de comutação de áudio. ..... **51**

Figura 7.11 - Gerenciamento do sinal STB (strobe). ..... **52**

Figura 7.12 - Circuito de emergência..... **53**

Figura 7.13 - Interface de controle dos ramais (escrita/leitura).. **54**

Figura 7.14 - Tensão de referência (VREF). ..... **55**

Figura 7.15 - Tensão de loop (VLOOP). ..... **56**

Figura 7.16 - Sinal de HOLD (início de comunicação) do XPE 24 Light. ..... **57**

Figura 7.17 - Interface do porteiro XPE 24 Light. ..... **58**

Figura 7.18 - Conexão das placas de ramal. ..... **59**

Figura 7.19 - Circuito de controle dos ramais. ..... **60**

Figura 7.20 - Circuito de controle dos ramais. ..... **62**

Figura 7.21 - Diagrama de blocos da fonte de alimentação. ..... **63**

Figura 7.22 - Filtro de entrada, retificação e filtro DC – Primário. ..... **64**

Figura 7.23 - *Clamping*, START-UP, PWM e Retorno. ..... **65**

Figura 7.24 - *Feedback* e Controle de saída. ..... **67**

Figura 7.26 - Regulação do 3,3V digital. ..... **68**

Figura 7.25 - Retificação e Filtro DC – Secundário. ..... **68**

Figura 7.27 - Circuito oscilador de 25 Hz. ..... **69**

Figura 7.28 - Circuito de filtro e inversor. ..... **70**

Figura 7.29 - Circuito de potência. ..... **71**

Figura 7.30 - Circuito de referência – *clamping*. ..... **72**

Figura 7.31 - Macro funções de gerenciamento da central. ..... **73**

Figura 7.32 - Toque interno. ..... **74**

Figura 7.33 - Toque de porteiro. ..... **75**

Figura 7.34 - Toque de pânico. ..... **75**

Figura 7.35 - Desenho da Placa Base/CPU. ..... **80**

Figura 7.36 - Montagem da Placa Base/CPU..... **81**

Figura 7.37 - Desenho da placa ramal desbalanceado – lado superior..... **82**

Figura 7.38 - Desenho da placa ramal desbalanceado – lado inferior..... **83**

Figura 7.40 - Montagem da placa ramal desbalanceado – lado inferior..... **84**

Figura 7.39 - Montagem da placa ramal desbalanceado – lado superior..... **84**

Figura 7.41 - Desenho da placa fonte..... **86**

Figura 7.42 - Montagem da placa fonte. ..... **87**

Figura 8.1 - Captura das formas de onda do gerador de tons. .. **89**

Figura 8.2 - Forma de onda do sinal de TOM..... **90**

Figura 8.3 - Funcionamento do CI HT9170. ..... **91**

Figura 8.4 - Circuito de teste do CI HT9170. ..... **92**

Figura 8.5 - Combinações de freqüência DTMF..... **92**

Figura 8.6 - Gerador de tom MF via PWM..... **94**

Figura 8.7 - Comutação do RML0 com E0. ..... **96**

Figura 8.8 - Comutação do RML1 com E0. ..... **97**

Figura 8.9 - Acionamento do Pânico desativado. ..... **98**

Figura 8.10 - Acionamento do Pânico ativado. ..... **98**

Figura 8.11 - Medição da tensão Vref. ..... 99

Figura 8.12 - Medição da tensão Vloop. ..... 100

Figura 8.13 - Comunicação Central – Porteiro. ..... 101

Figura 8.14 - Interface do usuário – placa ramal. ..... 102

Figura 8.15 - Conexão da placa ramal com a Base/CPU. ..... 103

Figura 8.16 - Controle e acesso ao barramento digital dos ramais. ..... 104

Figura 8.17 - Circuito analógico desbalanceado. ..... 105

Figura 8.18 - Acoplamento de áudio. ..... 106

Figura 8.19 - Fonte de corrente. ..... 106

Figura 8.20 - Circuito de monitoramento de LOOP. ..... 107

Figura 8.21 - Circuito de ativação da campainha interna. ..... 108

Figura 8.22 - Conjunto mecânico da CP 24 Light. ..... 122

Figura 9.1 - Modo Burst da fonte chaveada. ..... 124

Figura 9.2 - Filtro LC na alimentação da central. ..... 125

Figura 9.3 - Filtro LC. ..... 125

Figura 9.4 - Ajuste do sinal de saída do gerador de tons. ..... 127

Figura 9.5 - Alteração da relação de ganho do gerador de tons. ..... 128

Figura 9.6 - Alteração de ganho do gerador de tons na placa. 128

Figura 9.7 - Nivel do sinal AC MF. ..... 129

Figura 9.9 - Alteração da relação de ganho para o detector de MF. **..... 130**

Figura 9.8 - Nivel do sinal AC MF corrigido. **..... 130**

Figura 9.10 - Alteração de ganho do detector MF na placa. **.... 131**

Figura 9.11 - Alteração do Circuito de VLOOP**..... 131**

Figura 9.12 - Circuito de VLOOP na placa. **..... 132**

Figura 9.13 - Alteração da Interface do Porteiro**..... 133**

Figura 9.15 - Alteração da Interface do Porteiro na placa**..... 135**

Figura 9.14 - Alteração no circuito D_TOQ. **..... 135**

Figura 9.16 - Circuito de monitoramento de LOOP alterado. **... 136**

Figura 9.17 - Circuito de monitoramento de LOOP alterado na placa. **..... 137**

Figura 9.18 - Circuito de controle de saída alterado. **..... 138**

Figura 9.19 - Circuito de controle de saida alterado na placa.**. 138**

Figura 9.20 - Resistores de pré-carga. **..... 139**

Figura 9.21 - Resistores de pré-carga montados na placa. **..... 139**

# LISTA DE TABELAS

Tabela 7.1 - Características elétrico-mecânicas da central CP 24 Light. ..... **38**

Tabela 8.1 - Combinações de chaveamento da matriz. ..... **95**

Tabela 8.2 - Especificações de regulação da fonte chaveada. **110**

Tabela 8.3 - Valores de ensaio da fonte chaveada – 50 Hz/Carga Individual. ..... **111**

Tabela 8.4 - Valores de ensaio da fonte chaveada – 60 Hz/Carga Individual. ..... **113**

Tabela 8.5 - Valores de ensaio da fonte chaveada – 50 Hz/Carga Coletiva. ..... **117**

Tabela 8.6 - Valores de ensaio da fonte chaveada – 60 Hz/Carga Coletiva. ..... **119**

# SUMÁRIO

**RESUMO** ..... **6**

**ABSTRACT** ..... **7**

**LISTA DE FIGURAS** ..... **8**

**LISTA DE TABELAS** ..... **13**

**1 INTRODUÇÃO** ..... **18**

**2 OBJETIVOS** ..... **19**

2.1 Objetivo Geral ..... 19

2.2 Objetivos Específicos ..... 19

**3 ESCOPO E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO** ..... **20**

**4 JUSTIFICATIVA** ..... **22**

**5 DIRETRIZES METODOLÓGICAS** ..... **23**

**6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA** ..... **24**

6.1 Conceitos Elementares de Telecomunicação ..... 24

6.1.1 Nós e Arcos ..... 24

6.1.2 Modelo Elementar de Comunicação ..... 25

6.2 Introdução às Centrais Telefônicas ..... 28

6.2.1 Centrais telefônicas manuais ..... 30

6.2.2 Centrais eletromecânicas ..... 30

6.2.3 Centrais eletrônicas ..... 31

6.2.4 Centrais com controle por programa armazenado (CPAs) 31

6.2 Tipos de Centrais ..... 32

6.2.1 Central pública ..... 32

6.2.2 Central privada ..... 32

**7 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO ..... 34**

7.1 Contextualização ..... 34

7.1.1 Central CP 24 Light ..... 34

7.1.2 Porteiro XPE 24 Light ..... 37

7.2 Aspectos Construtivos ..... 38

7.3 Hardware ..... 39

7.3.1 Módulo Base/CPU ..... 39

7.3.2 Módulo Ramal Desbalanceado – Placa de Ramal ..... 59

7.3.3 Fonte de Alimentação ..... 62

7.4 Firmware ..... 72

7.5 Sinalização para usuário ..... 74

7.5.1 Toques de campainha ..... 74

7.5.2 Tons de operação ..... 76

7.6 Construção do Protótipo ..... 78

7.6.1 Módulo Base/CPU ..... 78

7.6.2 Placa Ramal Desbalanceado ..... 81

7.6.3 Placa Fonte Chaveada ..... 85

**8 TESTES FUNCIONAIS E VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO ..... 87**

8.1 Módulo Base/CPU ..... 88

8.1.1 Microcontrolador ..... 88

8.1.2 Gerador de Tons ..... 89

8.1.3 Decodificador DTMF ..... 90

8.1.4 Gerador de Tom MF ..... 93

8.1.5 Matrizes de Comutação de Áudio ..... 95

8.1.6 Interface de Acionamento do Pânico ..... 97

8.1.7 Tensão de Referência VREF ..... 99
8.1.8 Tensão Vloop ..... 100
8.1.9 Interface do Porteiro XPE 24 Light ..... 100
8.1.10 Interface para Conexão dos Ramais ..... 101
8.2 Módulo Ramal Desbalanceado ..... 101
8.2.1 Conexão dos Ramais – Interface para o Usuário ..... 102
8.2.2 Conexão com a Placa Base/CPU ..... 103
8.2.3 Circuitos de Controle e Acesso ao Barramento Digital ... 104
8.2.4 Circuito Analógico Desbalanceado ..... 105
8.3 Módulo Fonte Chaveada ..... 109
8.3.1 Testes com Carga Individual ..... 110
8.3.2 Testes com Carga Coletiva ..... 116
8.4 Testes Mecânicos ..... 121

**9 AJUSTES DO PROTÓTIPO ..... 123**
9.1 Módulo Base/CPU ..... 123
9.1.1 Filtro LC na Alimentação ..... 123
9.1.2 Circuito Gerador de Tons ..... 126
9.1.3 Circuito Detector de MF ..... 129
9.1.4 Circuito de Tensão Vloop ..... 131
9.1.5 Circuito de Interface do Porteiro XPE 24 Light ..... 133
9.2 Módulo Ramal Desbalanceado ..... 136
9.3 Módulo Fonte Chaveada ..... 137
9.3.1 Controle de Saída ..... 137
9.3.2 Retificação e Filtro DC – Saída +24 V ..... 139

**10 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO ..... 140**
10.1 Avaliação Geral ..... 140

10.2 Avaliações Específicas..... 140
10.3 Recomendações de Continuidade..... 141
10.4 Conclusão..... 142

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 143**

# 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho consiste em desenvolver uma central condominial de baixo custo, para até vinte e quatro ramais, destinada exclusivamente ao mercado de pequenos condominios, de modo a oferecer uma solução competitiva para substituição das placas de interfonia atuais (também chamadas placas de rua). A central foi desenvolvida com tecnologia totalmente nacional, baseando-se em centrais de portaria de maior porte já oferecidas por empresas brasileiras, pórem com menos facilidades do que estas oferecem. Diferentemente das placas de rua, a central oferece sigilo na conversação entre ramais, bem como entre um ramal e o porteiro eletrônico, garantindo assim a privacidade e a segurança dos moradores.

# 2 OBJETIVOS

## 2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma central de portaria de edifícios com capacidade para até vinte e quatro ramais, para condomínios de pequeno porte, a um custo competitivo frente às placas de interfonia disponíveis no mercado.

## 2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver e testar hardware proprietário.
- Fornecer solução mais competitiva que o painel de interfonia, com valor menor por ramal instalado.
- Construir protocolo de comunicação proprietário para comunicação com o porteiro eletrônico XPE 24 Light[1] (uso exclusivo com a central CP 24 Light).
- Realizar testes de campo, a fim de verificar a robustez e confiabilidade do produto em uso contínuo.

[1] O porteiro dedicado XPE 24 Light é um porteiro eletrônico de uso exclusivo da central de portaria CP 24 Light. Verificar suas características e funcionalidades no item 7.1.2.

# 3 ESCOPO E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

No desenvolvimento deste trabalho, somente o hardware da central de portaria CP 24 Light foi desenvolvido e validado. Porém, o produto como um todo é composto pela central e pelo porteiro dedicado XPE 24 Light.

Tanto na central de portaria quanto no porteiro eletrônico, o time de projeto foi composto por três pessoas para cada produto, sendo: dois engenheiros (um para hardware e outro para software) e um técnico.

Assim, dentro da proposta deste trabalho, houve o desenvolvimento detalhado do seguinte escopo:

- Desenvolver hardware para três placas, como mostra a figura 3.1:

  *Base/CPU*

  O módulo Base/CPU provê as funções de gerenciamento lógico do equipamento (através do firmware – software embarcado – no microcontrolador) e também a parte de comutação de áudio dos quatro enlaces do sistema. Neste módulo, todas as outras placas do sistema são conectadas.

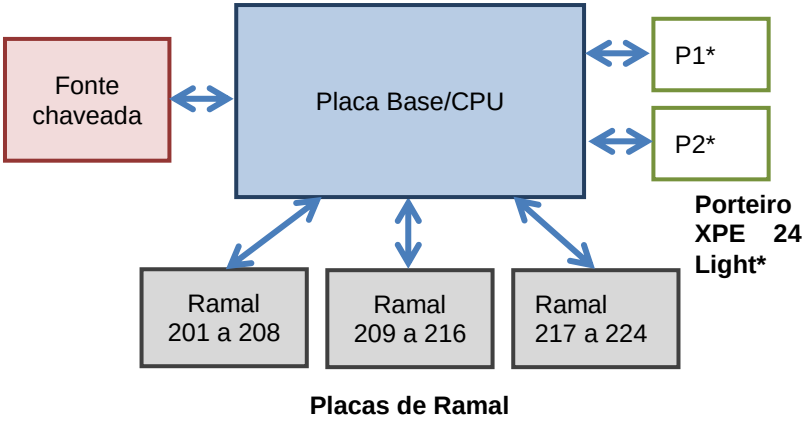
  *Módulo Ramal (Interface com o Usuário) – Placa de Ramal*

  Tem por finalidade possibilitar a interface entre o ramal e a matriz de comutação, monitorando uma possível saída do gancho, ativando a campainha caso esta seja requisitada e alimentando o telefone, quando este estiver conectado ao circuito de interface do ramal.

  *Fonte de Alimentação*

  A fonte de alimentação garante as tensões necessárias para o funcionamento da central. A

alimentação da central de portaria CP 24 Light é feita por uma fonte de alimentação chaveada de 25 W de potência, que opera em toda a faixa de tensão de entrada, ou seja, 90 a 240 Vac.




*Não faz parte do escopo deste trabalho

Figura 3.1 – Placas da CP 24 Light.

- Executar testes de hardware/software a fim de verificar possíveis falhas, ou implementar melhorias caso necessário.
- Elaborar manual de instalação/configuração da central.
- Elaborar procedimentos de teste para a CP 24 Light.

# 4 JUSTIFICATIVA

Há inúmeros proprietários e construtores que estão investindo na construção de pequenos condomínios, que necessitam de terrenos menores e aproveitam os espaços livres em cidades que possuem poucos terrenos sem edificações. Investidores que, sozinhos ou em consórcios, decidem rentabilizar seu terreno e aplicar seu capital em imóveis.

Já os moradores destes pequenos condomínios buscam a segurança, porém a um custo baixo, pois neste tipo de empreendimento, não há porteiro e o custo do condomínio engloba basicamente a iluminação de áreas comuns e o sistema de segurança e CFTV (ou Circuito Fechado de Televisão, utilizado para monitoramento das áreas comuns dos edifícios através de câmeras).

Para ter maior competitividade nos condomínios de menor porte, este projeto consiste em oferecer ao mercado uma central de comunicação condominial com capacidade para poucos ramais e com facilidades básicas, a um preço competitivo. Até então este nicho de pequenos condomínios utiliza placas de interfonia, por sua simplicidade de instalação e operação, aliados a um custo baixo.

Com o intuito de explorar o mercado dominado por placas de interfonia, será oferecido ao consumidor um produto diferenciado, com a inteligência embarcada de uma central de portaria, a um preço competitivo similar às placas de interfonia.

# 5 DIRETRIZES METODOLÓGICAS

- Estudar os princípios dos sistemas de telefonia [2] [7].
- Caracterizar o sistema que compõem a central de portaria.
- Desenvolver os circuitos dos seguintes componentes: CPU, Fonte, Placa Ramal.
- Desenvolver a placa de circuito impresso: CPU, Fonte, Placa Ramal.
- Testar o firmware de controle, gerenciamento lógico e comutação de áudio.
- Testar a integração de todas as placas do sistema.
- Testar o protocolo de comunicação com o porteiro XPE 24 Light.
- Validar o sistema em campo.
- Validar o processo de produção e testes.

# 6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 6.1 Conceitos Elementares de Telecomunicação

### 6.1.1 Nós e Arcos

A comutação é um processo que pode ser executado de modo mecânico, eletromecânico ou eletrônico, seja este manual ou automático. Descreve a troca de caminho de um sinal; um circuito pode definir a rota que este sinal vai seguir, comutando para determinada direção.

Há duas definições básicas para telecomunicação: **Nós** e **Arcos**. Nós são pontos de uma comunicação onde a comutação de sinais ocorre. Arcos são os pontos intermediários que interligam os Nós e normalmente são construídos com meios de transmissão físicos ou pelo espaço livre [2]. O conjunto destes elementos formará uma rede de telecomunicações, como mostra a figura 6.1.

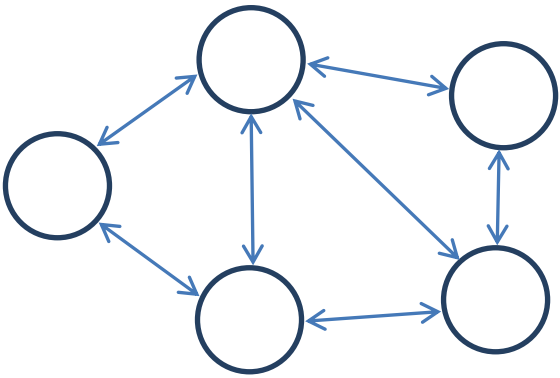


Figura 6.1 – Nós e Arcos.

### 6.1.2 Modelo Elementar de Comunicação

Uma comunicação – seja uma ligação telefônica, a troca de dados via internet ou simplesmente um diálogo – pode ser representada por um modelo básico. Deste modo, poderá ser uma comunicação eletrônica, verbal, por símbolos ou qualquer outro sinal [7]. O diagrama de blocos mostrado na figura 6.2 descreve este modelo.

Os elementos básicos de qualquer comunicação são:

- **Mensagem**: conjunto de informações conhecidas e organizadas de forma coerente.

- **Fonte**: elemento responsável pela geração da mensagem.

- **Destinatário**: elemento para o qual a informação é destinada na comunicação.

- **Codificador**: elemento presente apenas se necessário. Sua função é codificar o sinal recebido da fonte para não permitir a leitura deste por um elemento não autorizado.

- **Emissor**: chamado também de transmissor, é responsável por inserir o sinal no meio de transmissão, com potência e formato apropriado. Neste elemento temos o inicio do processo de distorção do sinal.

- **Meio**: elemento responsável pelo transporte e propagação da mensagem até o destinatário, via conjunto emissor/receptor. É onde ocorrem as maiores distorções.

- **Receptor**: elemento com a função inversa do emissor, recuperando o sinal original do meio de transmissão. Se o sinal for codificado este enviará o sinal ao decodificador, caso contrário, diretamente ao destinatário.

- **Decodificador**: elemento com a função inversa do codificador, recuperando o sinal original produzido pela fonte e, posteriormente, enviando ao destinatário.

- **Distorção**: processo inevitável em qualquer comunicação, alterando o formato do sinal original. Depende diretamente dos elementos da comunicação, do meio de transmissão e dos fatores externos à comunicação.

- **Fatores externos**: interferências de origem externa ocorridas no processo de comunicação, normalmente introduzidas pelo meio de transmissão, mas podem ocorrer em qualquer ponto entre emissor e receptor.

- **Canal**: conjunto de elementos que se encontra entre a fonte e o destinatário. Em um sistema de telecomunicações será todo o software, hardware, fiações e quaisquer equipamentos que se encontrem entre a fonte e o destinatário.

- **Fatores internos**: inerentes a um sistema de comunicação, são os fatores interferentes que proporcionam distorção no sinal original. Quanto maiores as distâncias envolvidas, maiores serão as interferências causadas.

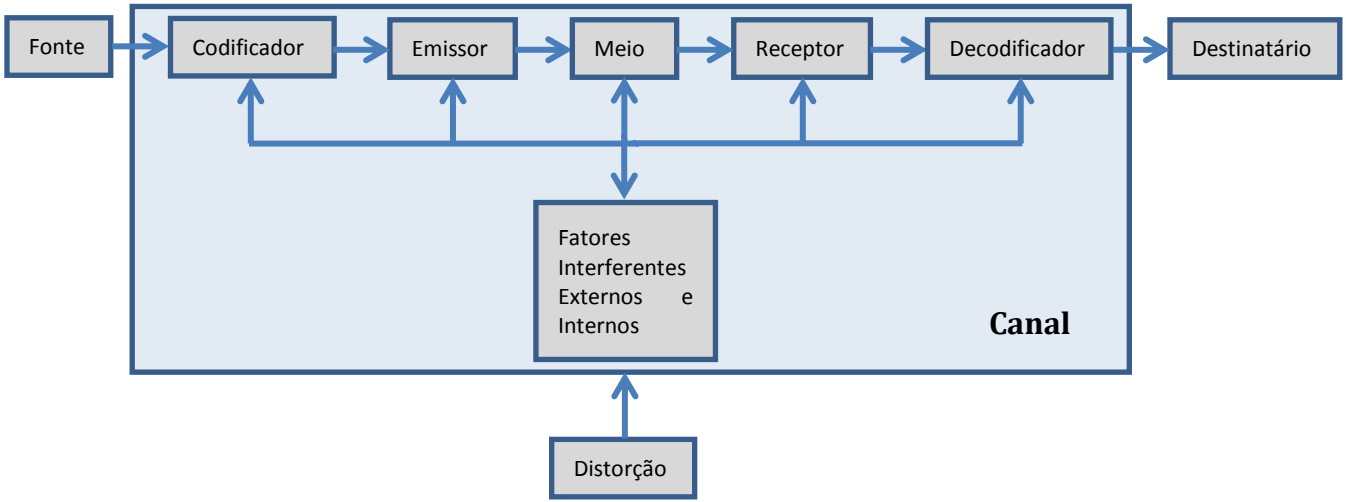



Figura 6.2 – Modelo elementar de comunicação.

## 6.2 Introdução às Centrais Telefônicas

Para o caso da telefonia, simplificando ao máximo o principio da comunicação, chega-se à situação na qual apenas dois aparelhos (ou assinantes) constituem uma rede telefônica. Entretanto, dois assinantes em conversação não atendem os requisitos de uma comunicação em seu sentido mais amplo. É necessário criar condições para que um dado aparelho possa entrar em contato com vários outros e, reciprocamente, este aparelho também possa receber chamadas. Desta forma, constitui-se uma rede de comunicação [3] [4].

A figura 6.3 mostra uma rede contendo quatro terminais telefônicos que aparentemente atende aos requisitos de uma rede de comunicação, onde cada qual pode se comunicar com os demais. Cada linha traçada equivale fisicamente a um par de fios. Porém, neste caso cria-se um inconveniente: suponha que o telefone **A** estabelece uma ligação com o aparelho **D**. Caso **B** ou **C** retirem seus monofones do gancho, também estarão na linha, seja como interlocutor ou apenas como ouvintes – assim rompe-se o sigilo da conversação [4].

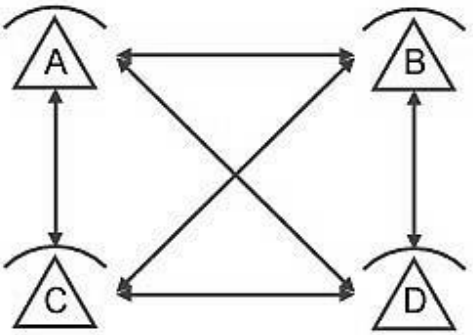



Figura 6.3 – Comunicação entre quatro aparelhos telefônicos.

Para resolver o problema, surge um novo conceito: o da **comutação**. Através dela, o terminal desejado é escolhido, e os demais aparelhos conectados a essa rede são eliminados. A comutação pode ser realizada se acoplarmos em série ao

telefone uma chave selecionadora [4]. Porém, um problema grave ainda não foi sanado: o grande volume de pares de fios necessários para implementar esta solução.

No exemplo acima, temos uma rede com apenas quatro telefones interligados, cada qual com sua chave selecionadora. Neste caso, são necessários seis pares de fios. Para cinco aparelhos, dez pares de fios devem ser instalados; para dez, quarenta e cinco pares, e assim por diante, conforme a fórmula abaixo:

$$Numero\ de\ pares\ de\ fios = \frac{N(N-1)}{2}$$

Onde N representa o número de aparelhos (nós) de uma rede quando há ligação ponto-a-ponto [4] [7]. Comprova-se, então, a complexidade gerada e a quantidade de conexões devido à expansão dessa rede. Devido a esse problema, a solução encontrada consiste de um núcleo comutador, que recebe as informações de um dado telefone (que define com qual aparelho deseja se conectar), realiza as operações de comutação e completa a ligação. Caracteriza-se, assim, a **central telefônica**, mostrada na figura 6.4 [4].

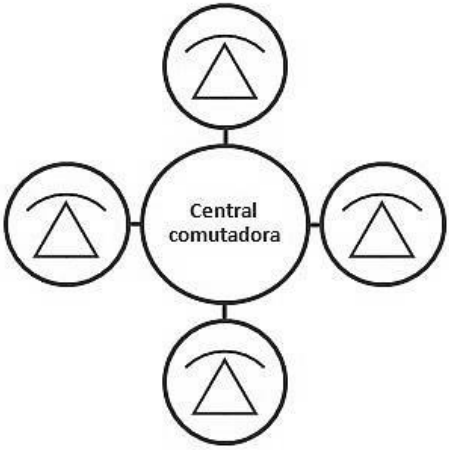



Figura 6.4 – Conceito da central comutadora.

### 6.2.1 Centrais telefônicas manuais

Nas centrais manualmente controladas, uma pessoa denominada *operadora* direciona a chamada para o aparelho solicitado, ou seja, estabelece e interrompe as ligações entre as linhas, por meio da utilização de equipamentos chamados *cordões*. Desde as centrais manuais, a ligação permanente entre um aparelho e a central de comutação passou a chamar-se *linha de assinante* [7].

### 6.2.2 Centrais eletromecânicas

Com a demanda crescente dos serviços de telefonia e os problemas surgidos com a comutação manual (sigilo nas conversações, ligações erradas, dentre outros), surgiu no final do século XIX a comutação automática. Almon B. Strowger, no ano de 1891, desenvolveu e patenteou um comutador telefônico automático, composto por 100 posições.

As primeiras interligações automáticas entre usuários foram feitas para ligações locais, sendo que as ligações interurbanas ainda eram estabelecidas por telefonistas. Para tornar o processo automatizado, cada assinante recebeu um número próprio e único. Desta maneira, através de um disco de nove dígitos no aparelho um usuário poderia se conectar a outro, bastando discar a sequência de números do assinante do sistema [4] [7].

As primeiras centrais de comutação automática empregavam dispositivos eletromecânicos, similares a relés com mecanismos que comutavam linhas e colunas para selecionar o número a ser conectado.

Nestas centrais, além do desgaste das partes mecânicas devido às comutações excessivas, outro grande problema estava nas dimensões exageradas da central com o aumento do número de assinantes. Estes problemas foram solucionados com a o advento das centrais eletrônicas.

### 6.2.3 Centrais eletrônicas

Com a invenção do transistor a comutação em estado sólido pôde acontecer. Assim desenvolveram-se as centrais eletrônicas, onde os dispositivos eletromecânicos gradualmente foram substituídos por versões semicondutoras, tornando as conversações mais imunes a ruídos e com menos problemas de quedas de ligações. Logicamente o tamanho das centrais para um mesmo número de linhas também foi reduzido drasticamente, diminuindo os custos de manutenção do sistema [7].

### 6.2.4 Centrais com controle por programa armazenado (CPAs)

A primeira central pública de programa armazenado, chamada IESS (*nº 1 Electronic Switching System*), desenvolvida pela AT&T, foi instalada em New Jersey, EUA, em maio de 1965. A partir deste ponto, a rede telefônica mundial aderiu à ideia de controle por programa armazenado (*Stored Program Control* – SPC), conceito este utilizado nas centrais disponíveis hoje no mercado [4] [7].

Este tipo de central oferece muitas vantagens sobre os sistemas anteriores:

- **Flexibilidade**: o programa armazenado na central pode ser atualizado sem que esta tenha que ser necessariamente desligada.

- **Facilidades para os usuários**: estas centrais permitem um conjunto amplo de facilidades (discagem abreviada, transferência de chamadas, tarifação das ligações, identificação de chamadas, etc.).

- **Facilidades administrativas**: ou facilidades operacionais como, por exemplo, controle das facilidades dos usuários e estatísticas detalhadas do funcionamento da central.

- **Velocidade no estabelecimento de ligações**: as conexões são estabelecidas por meio de circuitos digitais rapidamente, na ordem de 250 ms.

- **Economia de espaço**: devido à utilização da eletrônica, as dimensões são reduzidas.

- **Facilidade de manutenção**: estas centrais, por não possuírem partes móveis, ocasionam menos problemas de conexão.

- **Facilidade de instalação**: com dimensões reduzidas e cabeamento simplificado, a instalação é feita rapidamente.

- **Custo**: centrais CPA são mais econômicas para manter e fabricar.

- **Potencial para outros serviços**: como a transmissão de dados e oferta de serviços.

## 6.2 Tipos de Centrais

De acordo com a aplicação, as centrais telefônicas são classificadas como: central pública ou central privada.

### 6.2.1 Central pública

A central pública atende a milhares de assinantes, utilizando-se de uma rede de acesso externo (ruas, postes, pontes, antenas, etc.), para levar a linha telefônica ao assinante [7].

### 6.2.2 Central privada

A central privada é utilizada para atender uma rede de comunicação particular, ou seja, uma rede de ramais telefônicos

de um ambiente corporativo que tem acesso às linhas telefônicas das centrais públicas [7].

As centrais privadas são divididas em:

- **PBX**: a central PBX (*Private Branch Exchange*, cuja tradução seria Troca de Ramais Privados), ainda necessita de um operador tanto para fazer a comunicação entre ramais quanto para ligações externas [5] [6].

- **PAX**: na central PAX (*Private Automatic Exchange*, ou Troca Automática Privada) os ramais executam conexões entre si automaticamente, porém não há linha-tronco (denomina-se linha-tronco aquela que interliga a Central Privada à Central Pública) [7].

- **PABX**: a central PABX (*Private Automatic Branch Exchange*, ou Troca Automática de Ramais Privados) permite efetuar ligações entre telefones internos (ramais) sem intervenção manual, ou ainda telefonar e receber telefonemas da rede externa (geralmente pública). Basicamente consistem de uma plataforma de hardware e software ou somente software, quando este último está instalado no computador para a interação com a telefonia via internet [5] [6].

Por definição, as centrais privadas são centros de distribuição telefônica pertencente a uma empresa ou condomínio, que não inclua como sua atividade principal o fornecimento de serviços telefônicos. Desta forma, nestes ambientes existem muito mais ramais (cada conexão de usuário de uma central privada à mesma é denominada de *ramal*) do que linhas telefônicas, principalmente devido ao custo [5].

Assim, no caso do PABX (as centrais disponíveis no mercado são desse tipo), este trabalha como um ponto central para gerenciar e distribuir chamadas. O equipamento é também um elemento de controle dos usuários dos ramais, gerenciando permissões de uso individuais ou por grupo.

# 7 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

## 7.1 Contextualização

A central de comunicação condominial para até vinte e quatro ramais desbalanceados é um produto diferenciado para o mercado de comunicação condominial, pois a mesma utiliza muito das características das centrais condominiais de maior porte. Porém, no mercado ela competirá por preço com as arcaicas placas de interfonia, também conhecidas como placas de rua. Desta forma, é ofertado um produto que permite realizar ligações sigilosas entre ramais, diferente das placas de interfonia que impossibilitam esta comunicação.

Ainda, foi desenvolvido para a central um porteiro eletrônico dedicado – o XPE 24 Light – de baixo custo e para uso exclusivo com a mesma, a fim de tornar a solução ainda mais completa e competitiva. Este porteiro eletrônico permitirá abertura de portas com diferentes tipos de fechaduras e através de senha, previamente armazenada na central. Ainda, o porteiro eletrônico terá sensor de porta aberta e entrada para botoeira interna, funções necessárias neste tipo de aplicação.

### 7.1.1 Central CP 24 Light

A central tem as seguintes características:

- Gabinete mecânico construído de material injetado polimérico.
- Até três placas de oito ramais desbalanceados (modularidade de instalação), com conectores de engate rápido.
- Comunicação entre central e porteiro eletrônico será realizada com cabo de quatro vias (um par para comunicação e um para alimentação), e terá alcance máximo de 100 metros.

- Comunicação *half-duplex*, sendo da central ao porteiro dedicado através de pulsos decádicos, e do porteiro para a central via DTMF.

- Pode ser instalada num parque já existente, podendo então substituir os painéis de interfonia.

- Alimentação da central é automática – 90 a 240 Vac.

- Responsável por alimentar o porteiro dedicado (24 Vdc) ou se desejável ou necessário, o instalador poderá utilizar uma fonte externa, porém deve unir os pontos comuns da fonte da central com a fonte externa (GND), para garantir a comunicação entre central e porteiro.

- Possui até quatro enlaces de áudio (até oito ramais em conversação).

- Possui proteção contra transientes e surtos nas entradas de ramais e fonte de alimentação.

- Possibilita a instalação de até dois porteiros eletrônicos dedicados XPE 24 Light, para edifícios com duas entradas.

- Porteiro dedicado abre duas fechaduras: fechadura eletromagnética (12 V) e contato seco (para fecho magnético).

- Comando para abertura das fechaduras é gerado da central, e não do porteiro, por questões de segurança.

- Fechaduras são abertas através de senha digitada no porteiro eletrônico, ou de comando proveniente dos ramais dos apartamentos.

- Código para abertura dos porteiros através do ramal é armazenado na central.

- Há possibilidade de armazenar até vinte e seis senhas (uma por apartamento + duas senhas de serviço) para abertura das fechaduras.

- Senhas são programadas e armazenadas na central.
- Possibilidade de alterar individualmente as senhas, por meio do ramal.
- Senha de serviço pode ser vinculada a um ramal qualquer.
- Tempo de conversação entre porteiro e ramal é programável, entre um e nove minutos.
- Tempo de acionamento das fechaduras é programável na central, sendo de um a nove segundos para fechadura eletromagnética e de um a trinta segundos para contato seco.
- Possibilidade de utilizar os modelos de porteiro eletrônico XPE 1001 e XPE 1013[2] em qualquer posição de ramal, em casos que necessitem a instalação de mais de dois porteiros eletrônicos.
- A tecla PORTARIA do porteiro dedicado encaminha a chamada para o ramal especial (pré-programado). Caso não exista, o usuário vai receber tom de ocupado.
- Liga para outro apartamento: discar bloco (se existir) + nº apto.
- Liga para portaria: sai de fábrica sem ramal portaria, sendo possível programar qualquer um dos 24 ramais, como ramal portaria (ramal especial).
- Função Pânico: (#9) para ativar e desativar, o ramal que pode ativar/desativar o pânico é somente o ramal especial programado. O pânico é utilizado em casos de emergências ou incêndios no condomínio. O tempo do pânico é

[2] Estes dois modelos de porteiro eletrônico foram concebidos para utilização em centrais de portaria de maior porte, mas a utilização na CP 24 Light também é viável. Maiores informações podem ser obtidas em www.intelbras.com.br.

configurável (um a três minutos), sendo que todos os ramais recebem toque diferenciado durante este tempo.

- Senha de programação para restringir o acesso às configurações da central.
- Programação acontece através de telefone (DTMF).
- Terá *bootloader*, o que possibilita a atualização do *firmware* em campo, através de EEPROM pré-programada.

### 7.1.2 Porteiro XPE 24 Light

O porteiro dedicado XPE 24 Light terá as seguintes características:

- Entrada para sensor de porta aberta.
- Entrada de botoeira para abertura da porta.
- Sem *tamper* (sensor de arrombamento).
- Sem saída para alarme.
- Três níveis de controle de áudio do alto-falante (via jumper interno).
- Iluminação *backlight* do teclado em azul.
- Opção se contato seco normalmente aberto ou se normalmente fechado – dependerá do tipo de fechadura utilizada.
- Saída para fechadura eletromagnética.

## 7.2 Aspectos Construtivos

A central de Portaria CP 24 Light é constituída fisicamente por um conjunto de placas, cada qual com sua funcionalidade, divididas entre Base/CPU, fonte de alimentação, e de até três placas de 08 ramais desbalanceados (total de 24 ramais), acondicionadas em um gabinete de 23,5 (C) cm x 20 (L) cm x 11 (A) cm.

Suas características elétrico-mecânicas são descritas na tabela 7.1 [8]:

Tabela 7.1 - Características elétrico-mecânicas da central CP 24 Light.

| **Tecnologia CPA – Controle por Programa Armazenado** | |
|---|---|
| Capacidade máxima | 24 ramais / 4 canais de áudio (enlaces) |
| Modularidade | Placas com 08 ramais |
| Aparelhos Telefônicos | Discagem Multifrequencial |
| Máxima Resistência de *Loop*[3] do Ramal | 800 Ω incluindo aparelho telefônico |
| Condições ambientais | Temperatura: 0 ºC a 50 ºC<br>Umidade relativa do ar: 10 a 90 % sem condensação do ar. |
| Alimentação | Fonte Chaveada 90 a 240 Vac (50/60 Hz) |
| Consumo Máximo | 25 W |
| Proteção | Varistor e PTC para proteção contra surto na placa de ramal e na fonte de alimentação. |
| Dimensões | 23 cm x 34 cm x 11 cm |
| Montagem Mecânica | Placas de encaixe polarizadas<br>Fixação na parede através de parafusos |

[3] A resistência de loop é aquela medida quando o ramal é retirado do gancho, formando um loop de corrente com o circuito de ramal. Esta resistência é composta pela fiação + aparelho telefônico.

Funcionalmente, a central é constituída pelos seguintes componentes principais:

- Módulo Base/CPU.
- Módulo Ramal.
- Fonte de alimentação.

## 7.3 Hardware

### 7.3.1 Módulo Base/CPU

O módulo Base/CPU provê as funções de gerenciamento lógico do equipamento e também a parte de comutação de áudio do sistema. Neste módulo todas as placas do sistema são conectadas.

Abaixo estão listados os principais recursos do módulo Base/CPU:

- Microcontrolador Arm Cortex-M0, modelo LPC1114 do fabricante NXP.
- Acesso a EEPROM, para carregar o software da central através do *bootloader*.
- Porta de comunicação serial padrão RS-232 (programação e diagnóstico).
- Porta de comunicação JTAG, para depuração e gravação do software aplicação.
- Porta de comunicação ISP, para gravação do software *bootloader*.
- Gerador de tons 425 Hz – tons de discagem, chamada e ocupado.

- Um decodificador DTMF (*Dual-Tone Multi-Frequency*).
- Um gerador de tom MF via PWM (*Pulse-Width Modulation*).
- Oito matrizes de comutação de áudio *cross-point*.
- *Jumpers* de controle e programação – PROG1, PROG2 e RESET.
- Interface para acionamento do “Pânico” (alarme).
- Tensão de referência para o áudio – Vref.
- Tensão de *Loop*, usada na fonte de corrente dos ramais – Vloop.
- Interface para conexão de três placas de ramal.
- Interface para conexão de dois porteiros XPE 24 Light.

O hardware do módulo Base/CPU apresenta o diagrama em blocos mostrado na figura 7.1.

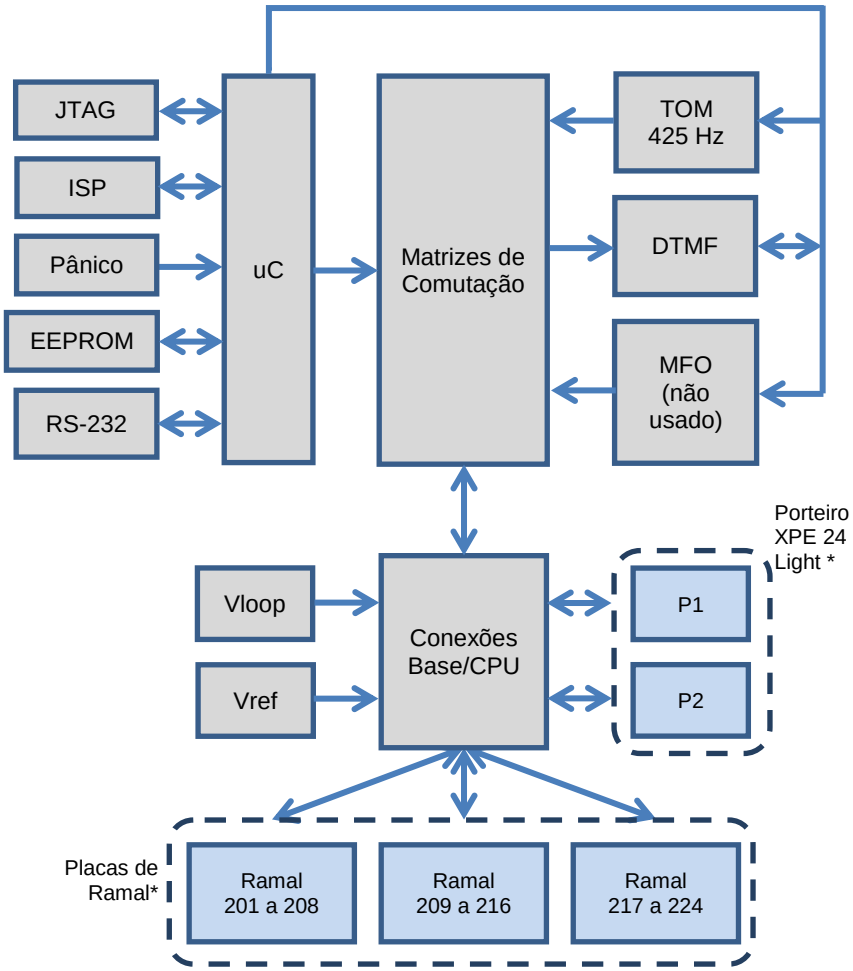



Figura 7.1 - Módulo Base/CPU da central.

A seguir são descritos os módulos da placa Base/CPU com maiores detalhes.

### 7.3.1.1 Microcontrolador

Componente (U2) mostrado na figura 7.2. Este microcontrolador tem arquitetura ARM 32 bits, com memória flash de 32 KB e RAM de 8 KB. Ainda, possui uma capacidade de processamento de 0.9 DMIPS/MHz.

O mesmo é responsável por todo o gerenciamento lógico e controle da central, através da supervisão constante dos sinais de status (leitura das placas de ramal e interface do porteiro XPE 24 Light) e atuação no caso da ocorrência de eventos.

Este componente atua no controle dos ramais através dos pinos D0 a D7 (barramento de dados), permitindo escrita e leitura em cada ramal individualmente. A seleção das placas de ramal é realizada através dos pinos SEL1 a SEL3. Ainda, controla diretamente a interface de comunicação com o porteiro XPE 24 Light.

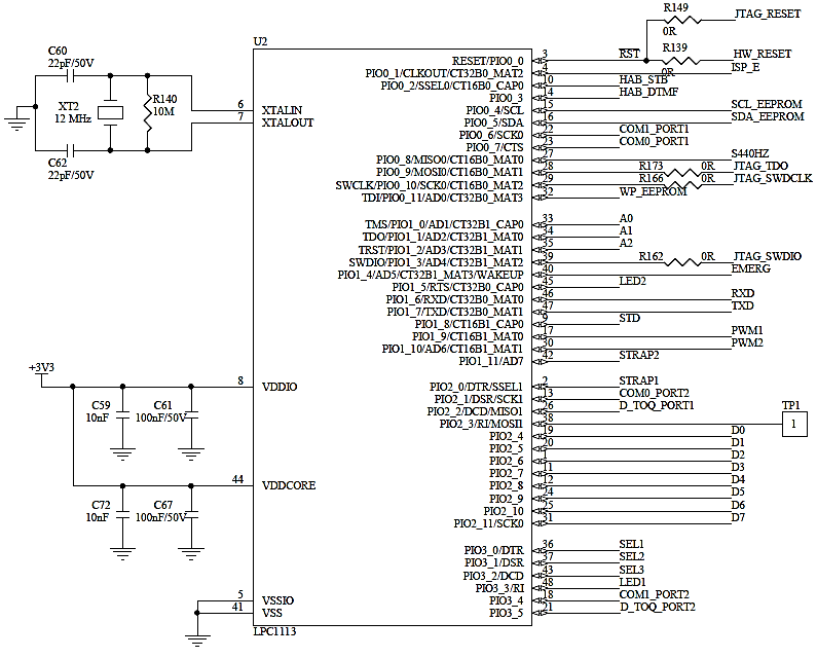



Figura 7.2 - Microcontrolador da Base/CPU.

### 7.3.1.2 Porta ISP (funcionalidade desativada na central)

A porta de comunicação ISP (CN12) – figura 7.3 – utiliza o canal serial do microcontrolador para atualizar a versão de firmware. Deve ser utilizada para a gravação do software *bootloader* no microcontrolador. O *bootloader* é responsável pela alocação do software principal da central, que será armazenado em uma E2PROM.

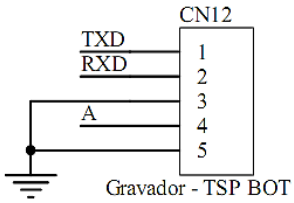



Figura 7.3 - Porta ISP.

Quando novas versões de firmware estiverem disponíveis, não há necessidade da troca do microcontrolador, pois o *bootloader* realiza a operação de atualização. Quando existir essa necessidade, após a troca de versão, a central não perde as funcionalidades programadas anteriormente.

### 7.3.1.3 Porta de comunicação JTAG

A porta de comunicação JTAG (CN10) – figura 7.4 – deve ser utilizada para a depuração/testes do software aplicação no microcontrolador, permitindo também a gravação deste caso necessário (comumente armazenado na EEPROM).

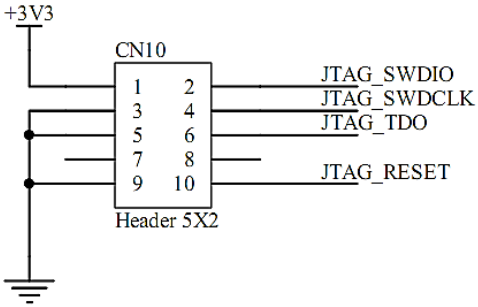



Figura 7.4 - Porta JTAG.

### 7.3.1.4 EEPROM

A central conta com um soquete de oito pinos (CI15) destinado para uma memória serial tipo I2C, utilizada para gravação do software principal (software da central).

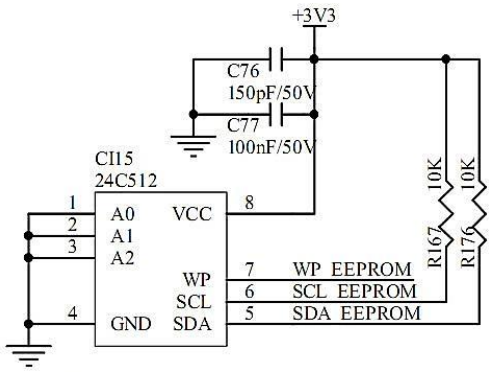



Figura 7.5 - Memória E2PROM.

Através de uma configuração de straps (PROG1 e PROG2) é possível transferir o software da E2PROM para o microcontrolador. A gravação do software aplicação é gerenciada pelo software *bootloader*. Depois de gravado o software na central, não se faz necessário manter a memória no soquete. A interface da memória E2PROM é mostrada na figura 7.5.

### 7.3.1.5 Porta serial RS-232 (funcionalidade desativada na central)

Porta de comunicação (CN9) utilizada para diagnósticos e programação do sistema da central via computador. Esta porta utiliza o padrão de comunicação RS-232 (CI16). O CI16 é responsável pela conversão dos sinais fornecidos pelo microcontrolador no padrão TTL para o padrão RS-232. O circuito é mostrado na figura 7.6.

Utilizando o software Terminal Programador Maxcom – TPM, é possível fazer toda a programação de funções da central e também diagnosticar o uso desta: ramais que estão em ligação, numeração flexível, cadeados de ligações, etc.

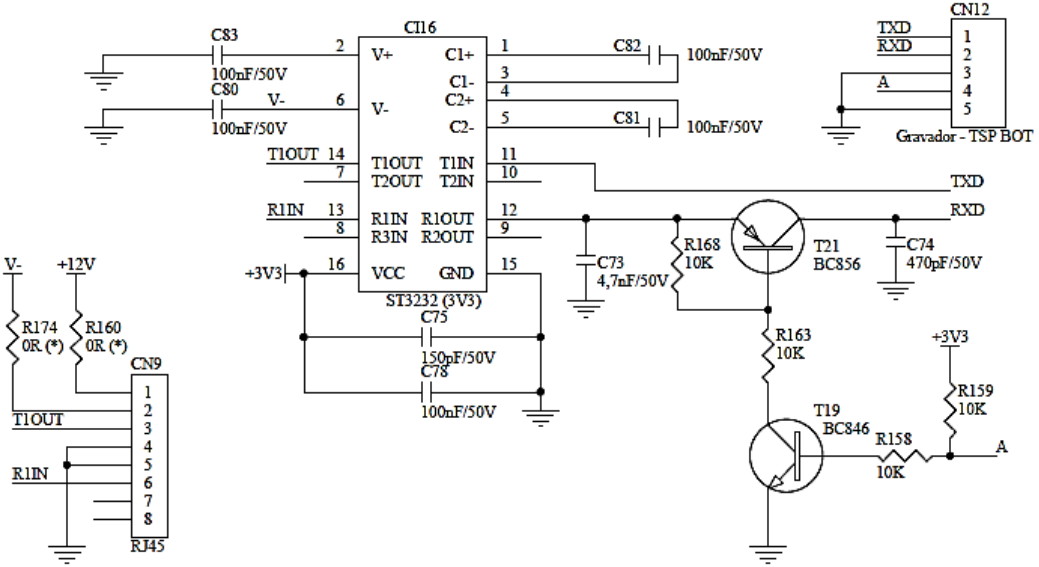



Figura 7.6 - Serial RS-232.

### 7.3.1.6 Gerador de tons

Este bloco da central é responsável pela geração do tom de ocupado, bips e tons de operação da central. Na figura 7.7 é mostrado o circuito gerador de tons.

O microcontrolador, através de um temporizador, gera um sinal quadrado com uma frequência de 440 Hz (±25 Hz) através do pino S440Hz (U2, pino 27). Este sinal chega até o bloco "gerador de tons" onde é tratado.

Na primeira parte deste bloco o sinal passa por um filtro ativo construído com amplificadores operacionais (CI14A e CI14B – LM 1458). Após passar por esta parte o sinal deixa de ser quadrado e se torna senoidal excursionando sobre uma tensão de 5 V (Vref). No pino 1 do CI14A, o tom se abre em 3 novos sinais.

- TOM: tom de ocupado e bips da central.
- TOM0: tom de discar do 1º ramal a sair do gancho.
- TOM1: tom de discar do 2º ramal a sair do gancho.

A central consegue fornecer tom de discar simultaneamente a dois ramais, se um terceiro ramal sair do gancho no mesmo instante, ficará mudo (sem áudio) até a liberação do tom de discar por um dos dois primeiros que o estão utilizando. Um ramal, ao sair do gancho, receberá tom de discar até a validação ou não de sua discagem. Depois de validada a discagem, a central libera o tom de discar e coloca o ramal em conversação.

O tom de ocupado pode ser fornecido a vários ramais ao mesmo tempo. Os tipos de tons e suas cadências, conforme padrões Anatel, serão descritos no tópico 7.5.2 (Tons de operação).

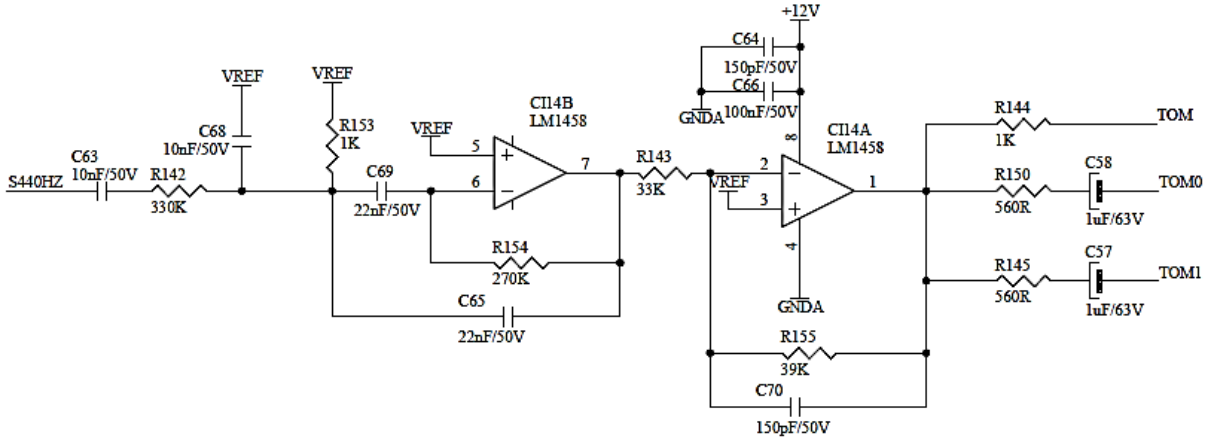



Figura 7.7 - Gerador de tons.

### 7.3.1.7 Decodificador DTMF

O circuito responsável pela detecção e conversão dos tons MF é mostrado na figura 7.8. Constituído pelo CI HT9170 (CI12), específico para operar com 3,3 V, utiliza um cristal de 3,57954 MHz para executar a detecção, sendo este cristal ligado entre os pinos OSC1 (pino 7) e OSC2 (pino 8) do CI12.

Quando um tom é detectado pelo CI, este analisa qual é este tom e o converte para o seu correspondente binário. Este *nibble* (4 bits) é lido nos bits D0 a D3.

Quando existir um MF válido, o CI indicará através do pino STD, o microcontrolador então acionará o pino HAB_DTMF do HT9170, para que este disponibilize os bits do MF correspondente no barramento de dados.

O CI12 codifica os dígitos do 1º ramal a sair do gancho. Caso um 2° ramal seja detectado fora do gancho, o microcontrolador tratará de forma alternada os dígitos discados em ambos os ramais, através da multiplexação do canal DTMF do CI HT9170.

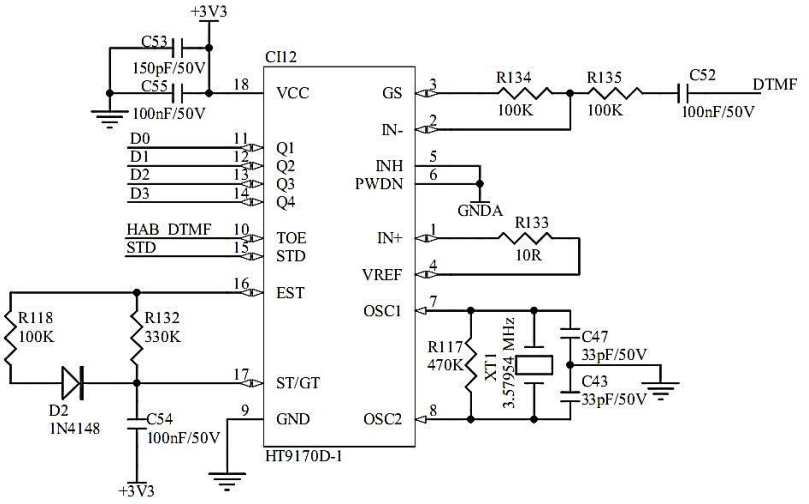



Figura 7.8 - Decodificador DTMF.

#### 7.3.1.8 Gerador de tom MF (funcionalidade desativada na central)

A central dispõe de um circuito gerador de MF, mostrado na figura 7.9, através do módulo PWM de 16 bits do microcontrolador, disponível externamente nos pinos PWM1 e PWM2.

Quando existe a necessidade da geração de tons MF, o microcontrolador envia aos pinos PWM1 e PWM2 a modulação por largura de pulso específica para geração das altas e baixas frequências de cada tom MF a ser gerado. No CI10A e no CI10B as ondas quadradas são tratadas e temos na saída as ondas senoidais do tom MF correspondente.

No pino 9 do CI10C as ondas senoidais são misturadas, sendo que este sinal é tratado no circuito amplificador integrador, que fornece um ganho de 2 ao mesmo, excursionando sobre uma tensão de 5 V (Vref).

O pino de MFO vai para matriz e é acoplado ao circuito de ramal quando necessário, por exemplo, no envio do número do ramal chamador para identificação dos ramais.

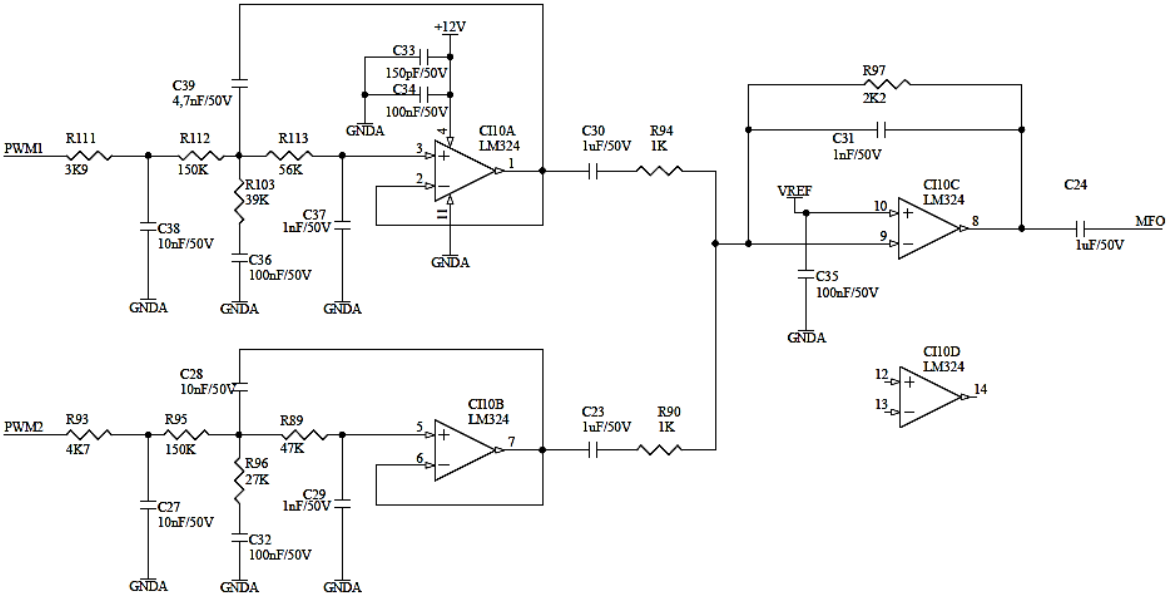



Figura 7.9 - Gerador de tom MF.

### 7.3.1.9 Matrizes de comutação cross-point

As matrizes de comutação *cross-point*, vistas na figura 7.10, são responsáveis por toda comutação de sinais do sistema, permitindo que os canais de áudio (enlaces E0 a E3) tenham acesso aos pontos de áudio provenientes da CPU, tais como:

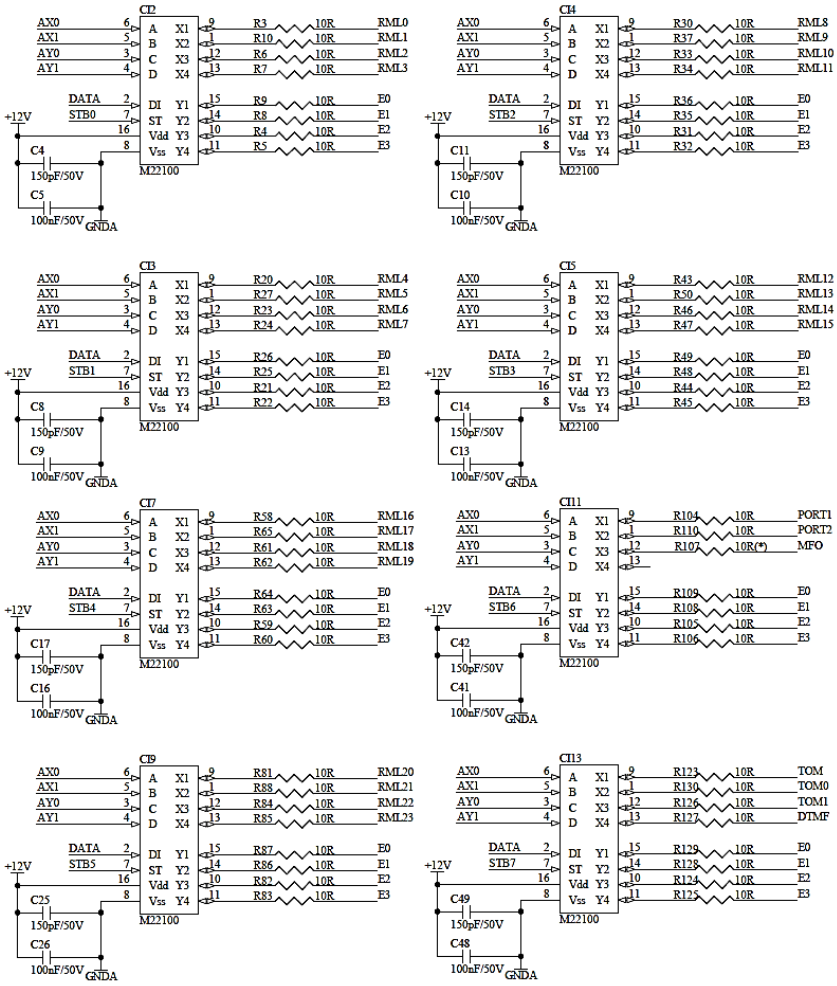



Figura 7.10 - Matrizes de comutação de áudio.

- Geração de MF (MFO).
- Decodificação de MF (DTMF).
- Tom de ocupado (TOM).
- Tom de discar zero (TOM0).
- Tom de discar um (TOM1).

Os canais de áudio (enlaces) de E0 a E3 chegam a matriz pelo lado Y, os quais podem cruzar em qualquer ponto do lado X. Por esses canais trafegam todo áudio da central, como a conversação entre ramais, e entre um ramal e os porteiros (PORT1 e PORT2). A hierarquia de ocupação dos canais de áudio é sequêncial, de E0 até E3 (o que possibilita a conversação de até 8 ramais simultaneamente).

O controle das matrizes é feito pelos pinos de endereço: AX0, AX1, AY0, AY1; pelo pino DATA, responsável por habilitar (DATA = 1) ou desabilitar (DATA = 0) os pontos de cruzamento entre o lado X e Y; e, por fim, temos os sinais STB0 a STB7, que ligam ou desligam os pontos de cruzamento de acordo com o pino DATA.

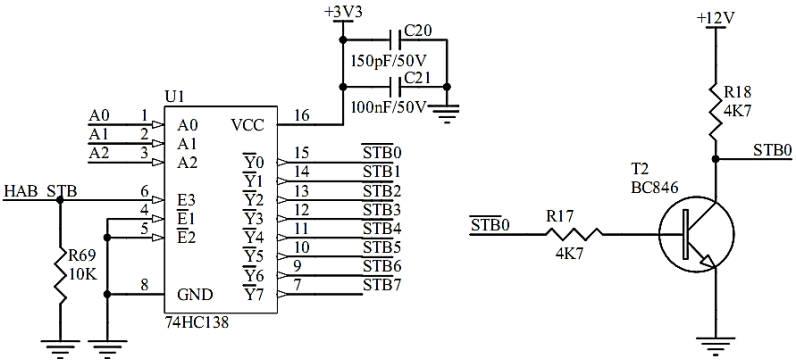



Figura 7.11 - Gerenciamento do sinal STB (strobe).

A lógica de seleção do pino STB 0...7 é feita através de U1, pelos pinos A0, A1 e A2, ligados diretamente ao microcontrolador. Este circuito é mostrado na figura 7.11. Todos os sinais de controle das matrizes precisam ter seu nível lógico 1

adequado para +12 V (o uC trabalha com +3,3 V), pois estas precisam de no mínimo +7 V para reconhecer o pulso de comando. Para nível lógico 0 (GND), não há problemas com o nível de tensão. Esta adequação de nível é feita através de transistores (como mostra a figura 7.11 para o STB0).

### 7.3.1.10 Interface para Acionamento do “Pânico” (alarme)

Função do sistema para quando pressionado o botão de contato seco, previamente conectado ao CN5, seja disparada a campainha dos telefones, na cadência de quatro ramais de cada vez.

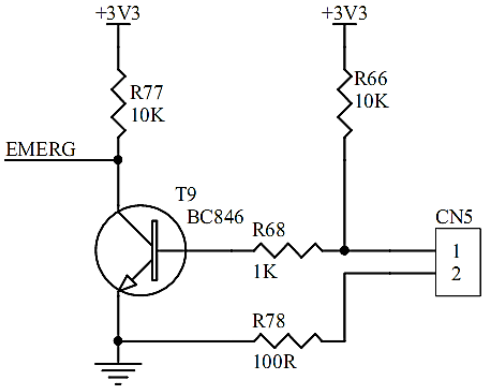



Figura 7.12 - Circuito de emergência.

O circuito de pânico, após ser pressionada a botoeira, indica o acionamento da mesma através do pino EMERG, ligado diretamente ao microcontrolador.

A função pânico também pode ser acionada via sinalização MF por telefone (apenas o ramal especial pode acionar este comando).

Quando não pressionada a botoeira colocada no conector CN5, o transistor T2 mantém-se saturado fazendo a sinalização “EMERG” ficar em “0” lógico. Ao pressionar a botoeira, o transistor é cortado, fazendo a sinalização “EMERG” ir para “1” lógico, indicando para o microcontrolador que o pânico precisa ser ativado.

A figura 7.12 mostra o circuito de ativação do pânico.

### 7.3.1.11 Interface de Controle dos Ramais

Os CI's 6A, 6C e 8A são responsáveis pela habilitação dos sinais de toque nas placas ramais (TOQ0 a TOQ7). O sinal de controle A0 é responsável por habilitar a escrita dos sinais de toque.

Os CI's 6B, 6D e 8B são responsáveis pela leitura dos sinais de ILOOP, que indicam ramal fora do gancho. O sinal A1 é responsável por habilitar a leitura dos sinais ILOOP.

Este circuito é mostrado na figura 7.13. Todos os pulsos de controle são habilitados pelos pinos SEL1, SEL2 e SEL3.

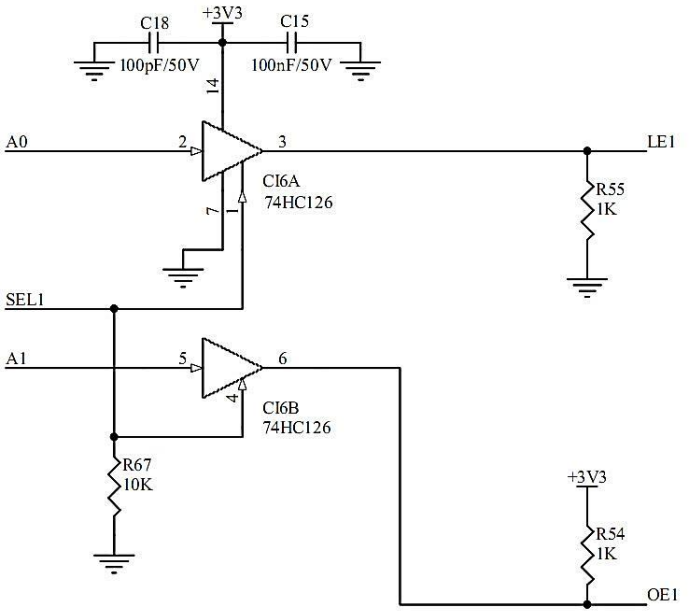



Figura 7.13 - Interface de controle dos ramais (escrita/leitura).

### 7.3.1.12 Tensão de Referência (Vref)

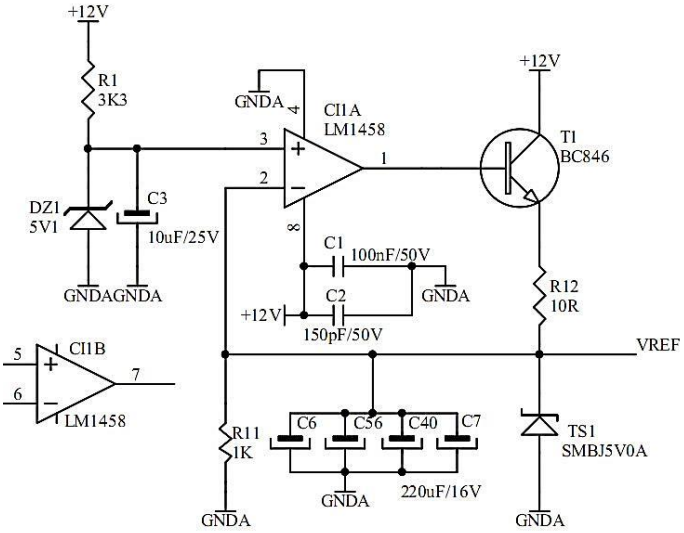



Figura 7.14 - Tensão de referência (VREF).

Tensão utilizada pela central como referência para todos os circuitos de áudio.

Um zener de 5V1 (DZ1) regula a tensão de +12 V na entrada de um *buffer*, construído com um amplificador operacional (CI1A) que então satura o transistor BC 846 (T1), criando o Vref (+5 V), circuito mostrado na figura 7.14. O Vref é filtrado através dos capacitores C6, C7, C40 e C56. O supressor de transientes TS1 protege os circuitos que utilizam a tensão Vref.

### 7.3.1.13 Fonte de tensão VLOOP

A placa de oito ramais desbalanceados utiliza como referência de tensão o Vloop, tensão essa responsável pelos 20 mA de corrente de LOOP do ramal desbalanceado.

A tensão de VLOOP (mostrada na figura 7.15) é gerada no circuito formado pelos componentes, R38, R39, R40, T4 e C12,

estes formam uma fonte de tensão constante de 22,34 V. Essa se mantém constante e é gerada através da divisão resistiva entre R40 (2 KΩ) e R38 (27 KΩ), tensão que faz T4 (BC846) saturar deixando então sobre o R39 (1,2 KΩ) uma tensão de 22,34 V (VLOOP).

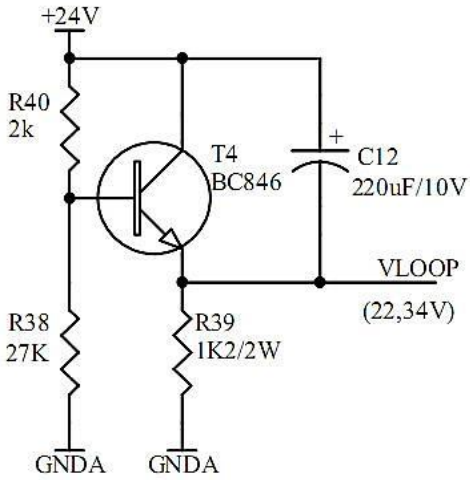



Figura 7.15 - Tensão de loop (VLOOP).

### 7.3.1.14 Interface para Conexão com o Porteiro XPE 24 Light

Para que o porteiro possa iniciar a comunicação com a central, temos os sinais D_TOQ_PORT1 e D_TOQ_PORT2 – ou sinal de HOLD (figura 7.16). Estes sinais permanecem em nível lógico 0 (GND), pois os transistores T20 e T24 permanecem saturados devido ao nível de tensão DC constante imposto em FONE2 pelo porteiro. Quando há dados para enviar, o porteiro coloca FONE2 para GND, fazendo com que ocorra um pulso de tensão em D_TOQ_PORT (nível lógico 1). Este sinal é reconhecido pela central como requisição de comunicação pelo porteiro XPE 24 Light.

A comunicação na direção Porteiro → Central é feita via MF, pelos canais de áudio PORT1 e PORT2, sendo que os dados são reconhecidos pela central através do decodificador HT9170.

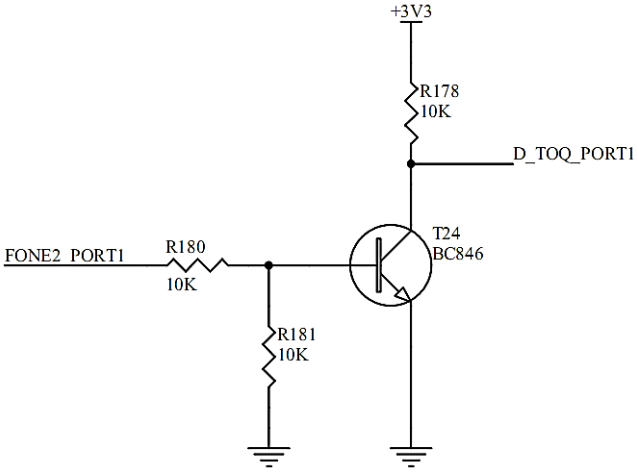



Figura 7.16 - Sinal de HOLD (início de comunicação) do XPE 24 Light.

A interface de áudio para o porteiro compreende os sinais FONE1_PORT1, FONE2_PORT1 para o Porteiro 1 e FONE1_PORT2, FONE2_PORT2 para o Porteiro 2. Pelo canal do FONE2 temos também a interface de comunicação de dados, pela qual trafegam as informações do protocolo de comunicação na direção central $\rightarrow$ porteiro. Esta interface envia informações ao porteiro através dos sinais COM0_PORT1, COM1_PORT1 para o porteiro 1 e COM0_PORT2, COM1_PORT2 para o porteiro 2. A figura 7.17 mostra estes circuitos.

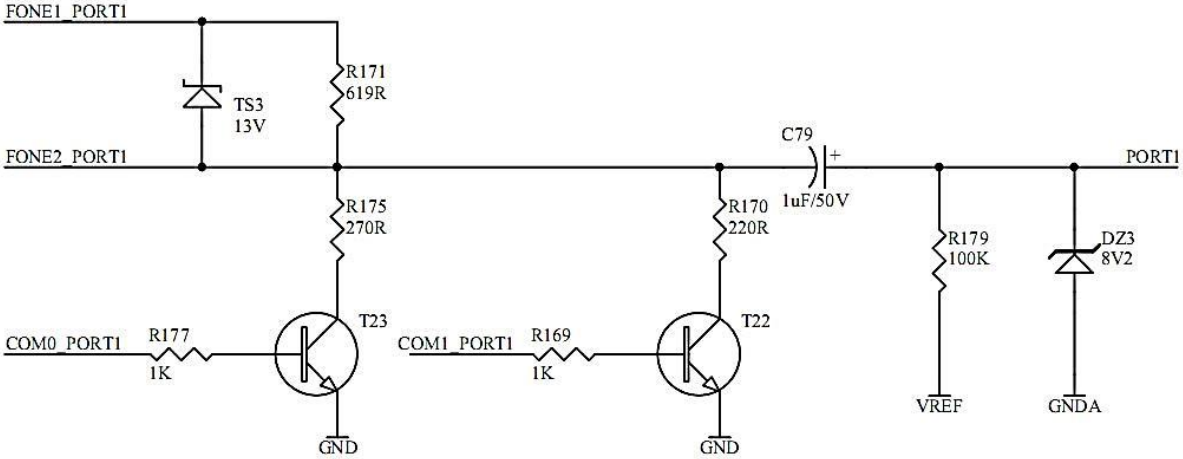



Figura 7.17 - Interface do porteiro XPE 24 Light.

### 7.3.1.15 Interface para Conexão das Placas de Ramais

Para a placa de oito ramais desbalanceados temos na CPU conectores polarizados de 40 vias. Ao todo podem ser acomodadas três placas de oito ramais cada, totalizando vinte e quatro ramais. Essas placas são encaixadas nas posições RAMAL 1 a RAMAL 3, conforme descrito abaixo:

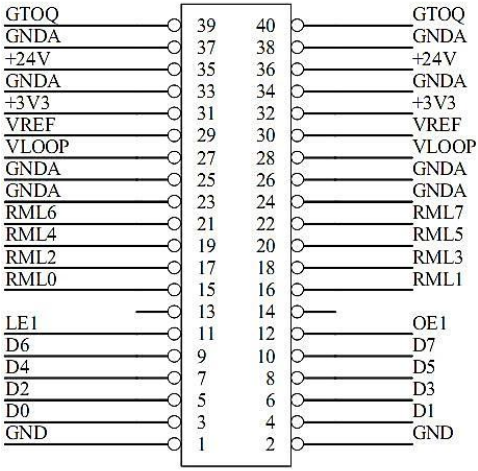



Figura 7.18 - Conexão das placas de ramal.

- RAMAL 1 – ramais de 201 até 208;
- RAMAL 2 – ramais de 209 até 216;
- RAMAL 3 – ramais de 217 até 224.

A figura 7.18 mostra todos os sinais disponibilizados para cada placa de ramal.

### 7.3.2 Módulo Ramal Desbalanceado – Placa de Ramal

Tem por finalidade interfacear o ramal e a matriz de comutação, monitorando uma possível saída do gancho, ativando a campainha caso esta seja requisitada e alimentando o telefone, quando este estiver conectado ao circuito de interface.

Dentro do ramal desbalanceado há também duas subdivisões:

- Circuito de controle (comandos e acesso ao barramento digital).

- Circuito analógico desbalanceado (acoplamento de áudio, polarização do telefone, sinais ILOOP, VLOOP, chave de TOQ e proteção).

### 7.3.2.1 Circuito de controle

Circuito que envia sinalizações e recebe comandos da CPU, mostrado na figura 7.19.

O CI1 é responsável pela habilitação dos sinais de toque nos ramais (TOQ0 a TOQ7). O sinal de controle LE é responsável por habilitar a escrita dos sinais de toque.

O CI2 é responsável pela leitura dos sinais de ILOOP, que indicam ramal fora do gancho. O sinal OE é responsável por habilitar a leitura dos sinais ILOOP.

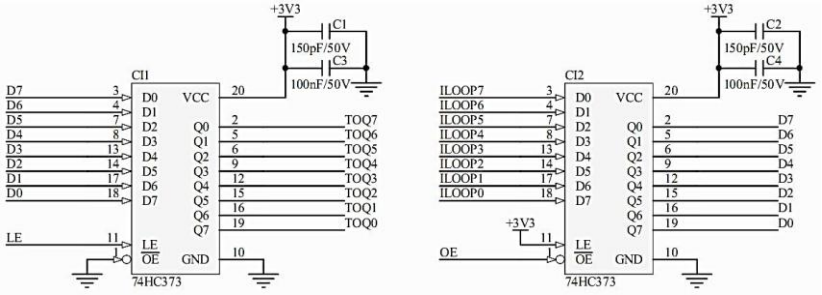



Figura 7.19 - Circuito de controle dos ramais.

### 7.3.2.2 Circuito Analógico Desbalanceado

Responsável pela alimentação do telefone, acoplamento de áudio, indicação de ramal fora do gancho (ILOOP) e acionamento da campainha de Ring (TOQ) quando necessário. Todo o circuito analógico desbalanceado é mostrado na figura 7.20. O ramal desbalanceado é assim chamado por fazer referência do áudio ao GND, desta forma, ruídos induzidos em modo comum podem mais facilmente interferir na conversa. O

acoplamento de áudio é feito através dos componentes C1X, DZ1X, e R12X. A placa de 08 ramais desbalanceados não possui componentes para cancelar ruídos induzidos em modo comum.

A placa de 08 ramais desbalanceados consegue fornecer uma corrente de *loop* de 20 mA para uma carga acoplada no ramal de no máximo 800 Ω. Essa corrente é garantida pela fonte de corrente formada pelos componentes R1X, C2X, R3X, T1X, R15X e VLOOP. A tensão de VLOOP é gerada na placa Base/CPU, tem um valor aproximado de 22,36 V e é utilizada para todos os 24 ramais. Essa tensão faz o transistor T1X conduzir mantendo constante uma tensão de 1,7V em cima do resistor R3X (82 Ω). Ao retirar o telefone do gancho, a tensão do ramal cai, de maneira a circular 20 mA no telefone; a tensão de entrada na divisão resistiva de R5X e R6X, que abaixo de 24 V retira o transistor T2X do estado de saturação, faz com que o ILOOP vá para o estado alto (nivel lógico 1), indicando que o ramal saiu do gancho.

A chave de toque da campainha interna é composta pelos componentes R8X, R11X, R7X, R2X, T3X, T5X e R9X. Quando a CPU deseja chamar algum ramal, verifica primeiramente se o mesmo está livre (no gancho) através da sinalização ILOOP. Caso este esteja livre, ela envia através do circuito de controle um comando de TOQ para o ramal, este comando faz saturar o transistor T5X, fazendo com que o transistor T3X envie o sinal de campainha para o aparelho telefônico. O diodo D1X não permite que o toque chegue até a parte de acoplamento de áudio.

O circuito de ramal ainda conta com um sistema de proteção situado logo na entrada do circuito, que tem por finalidade proteger todo o circuito contra eventuais intempéries que venham a ocorrer nos fios de ligação do ramal, através do desacoplamento dessas descargas. O circuito é formado por um varistor 07K130 (VR1X) e um termistor (PTC1X). O varistor desacopla as descargas, protegendo o restante do circuito e o termistor tem por finalidade evitar que a potência dissipada pelo varistor seja dissipada totalmente em cima do mesmo e que este então venha a se queimar.

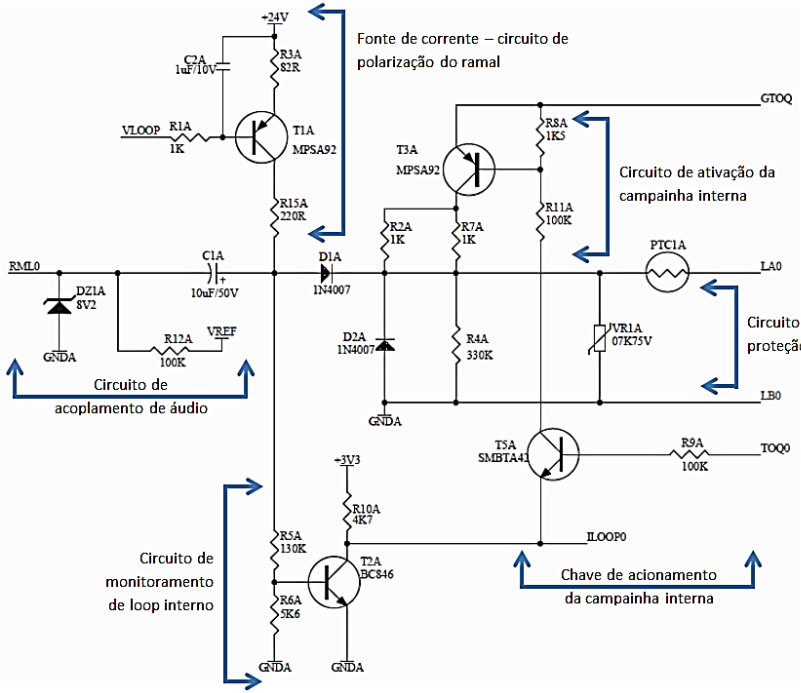



Figura 7.20 - Circuito de controle dos ramais.

### 7.3.3 Fonte de Alimentação

A fonte de alimentação garante as tensões necessárias para o funcionamento da Central. A alimentação da central de portaria CP 24 Light é feita por uma fonte de alimentação chaveada de 25 W de potência, que opera em toda a faixa de tensão de entrada, ou seja, 90 a 240 Vac. O funcionamento da fonte de alimentação chaveada é descrito abaixo através do diagrama de blocos, mostrado na figura 7.21.

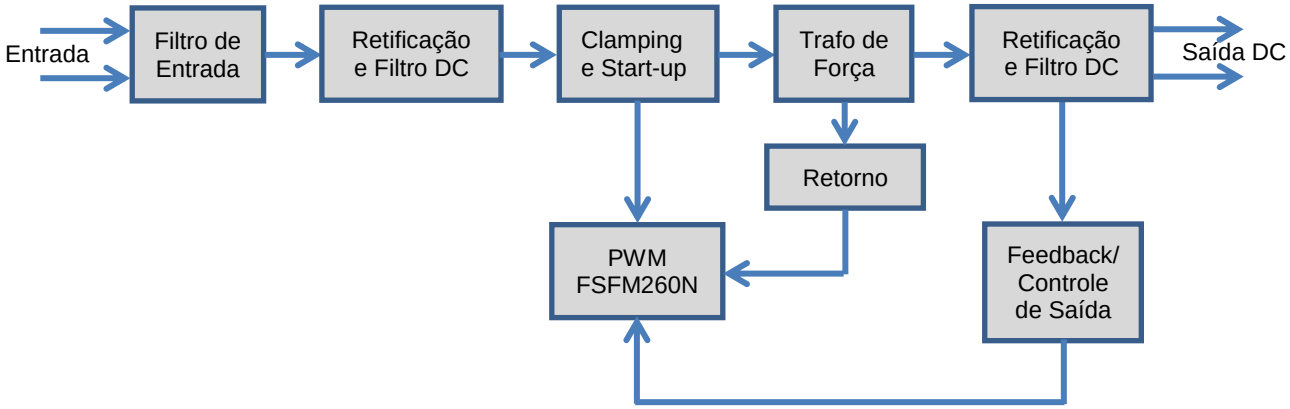



Figura 7.21 - Diagrama de blocos da fonte de alimentação.

O **Filtro de Entrada** (figura 7.22) é constituído por malhas LC construídas com indutor e capacitores (LF1, C38, C39, C40, C41, C42 e C43), que funcionam como filtro passa baixa impedindo que componentes de alta frequência cheguem até a rede elétrica, causando interferência em outros equipamentos. Essas interferências são geradas pelo circuito de chaveamento. Também temos um circuito de proteção através de varistores (VR1 e VR2), fusíveis (F1 e F2) e NTC (NTC1). Os varistores atuam contra sobre tensão gerada na rede elétrica acima de 470 Vac. Os fusíveis são do tipo retardado, ou seja, são fusíveis que suportam uma corrente superior a de sua especificação por alguns instantes, como por exemplo, no momento da partida da fonte. O NTC tem a função de minimizar o “INRUSH” (corrente de entrada) na partida da fonte quando os capacitores estão descarregados.

O **bloco Retificação e Filtro DC** (figura 7.22) é responsável por retificar e filtrar a tensão de entrada AC. A retificação é feita por uma ponte de diodos (D8 a D11) que transforma a tensão alternada em tensão contínua, utilizando a configuração de onda completa. A filtragem do sinal após a retificação é feita por um capacitor (C37) de alta tensão de isolação.

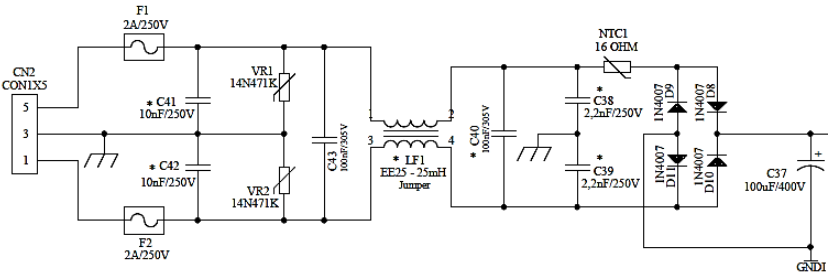



Figura 7.22 - Filtro de entrada, retificação e filtro DC – Primário.

O **bloco Clamping** (R36, C33 e D7), mostrado na figura 7.23, grampeia os picos de tensão na entrada do CI chaveador FSFM260N (IC3), para quando este se encontra desligado (*turn-off*). Este efeito acontece no modo *turn-off*, pois ocorre no transformador uma inversão de polaridade, fazendo a tensão

armazenada no transformador, ficar sobre o circuito de *clamping* e o CI chaveador.

O **circuito de START-UP** (R35) realiza a inicialização do FSFM260N quando o sistema de chaveamento ainda não está operante (figura 7.23).

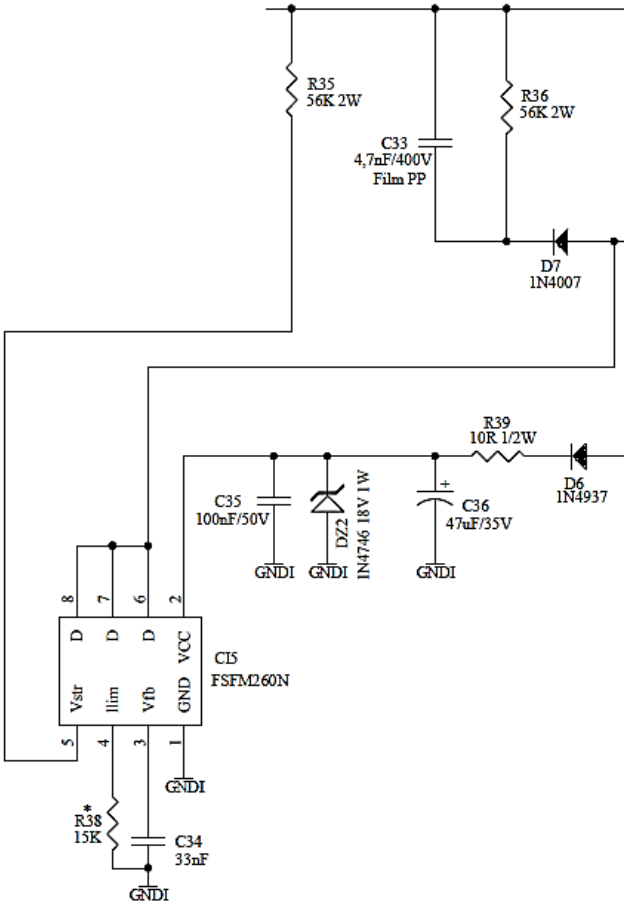



Figura 7.23 - *Clamping*, START-UP, PWM e Retorno.

O **bloco PWM** (figura 7.23), consiste em manter a saída regulada através de mudanças na largura de pulso (*DUTY-CYCLE*). O *duty-cycle* é a relação ($T_{on}/T_{off}$) entre o tempo em que

o mosfet interno do FSFM260N permanece no modo *turn-off* (desligado) ou no modo *turn-on* (ligado). O FSFM260N (IC3) é um chaveador de frequência de trabalho fixa em 67 kHz.

O **bloco Retorno** (figura 7.23) é responsável pela alimentação do chaveador após a partida da fonte (feita pelo START-UP), através de um enrolamento em contra fase com o primário (pinos 5 e 6 do TR1). O retorno é composto por D6 que faz a retificação do sinal, R39 limita a corrente a ser enviada ao chaveador, C35 e C36 filtram o sinal já retificado e alimentam o FSFM260N (pino 2, Vcc). Ainda, temos um diodo zener (DZ2) opcional, que serve para garantir o nível DC correto para alimentação do chaveador.

O **bloco FeedBack**, mostrado na figura 7.24, é composto por C34 (figura 23) e CI4 (FOD817), sendo responsável pela isolação e realimentação do circuito de controle PWM. Este circuito recebe informação da saída da fonte e repassa ao chaveador que controla o *duty-cicle*, aumentando ou diminuindo o tempo de condução do seu MOSFET interno. É por ele que o chaveador (IC3) sabe se há ou não carga na saída da fonte, se está ou não operando em modo de *standy-by* (repouso) ou se há uma sobre tensão na fonte (acima de 24 Vdc). Caso exista, o chaveador automaticamente se desliga.

O **Controle de Saída** (figura 7.24) é responsável pela estabilidade da tensão de saída, ou seja, é o circuito que percebe toda a variação da tensão de saída e informa rapidamente via opto-acoplador (CI4) para o circuito de feedback; o feedback por sua vez repassa ao controle PWM para aumentar ou diminuir o ciclo de trabalho (*duty-cycle*). Essa correção é realizada na frequência de 67 kHz, mantendo uma tensão de saída sempre estabilizada e dentro da faixa de +/- 50 mV. O circuito de controle é constituído pelos componentes C28, R30, R31, R32, R33, R34, CI4 (FOD817B) e CI3 (KA431). R32 e C28 mantém a malha de controle estável, não permitindo haver instabilidade no circuito de correção, o que prejudicaria o controle da saída; R34 limita a corrente no diodo do opto-acoplador para não danificá-lo, R30 e R31 são responsáveis pelo valor da tensão de saída juntamente com o CI3 (KA431).

O **transformador** (TR1) mostrado na figura 7.25, é composto por um carretel EER28 (horizontal 6+6 pinos) e utiliza um ferrite EER28 – PC40 com uma indutância de 819 uH; este

ferrite permite que o transformador trabalhe em alta frequência e tenha tamanho reduzido, e também permite um bom acoplamento para a melhor taxa de transferência de tensão entre primário, secundário e retorno.

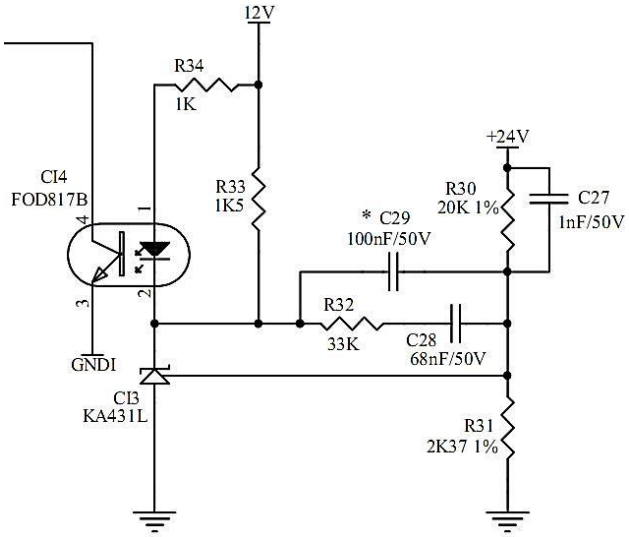



Figura 7.24 - *Feedback* e Controle de saída.

No **bloco Retificação e Filtro DC** (figura 7.25), temos a retificação das tensões através de diodos rápidos (D2, D3, D4 e D5), e filtragem por capacitores de baixa impedância (C15, C17, C19, C20, C21 e C24) de qualquer ripple de acordo com a corrente calculada para cada saída. Os resistores R22, R23, R24 e R40 funcionam como cargas mínimas para melhor controle do circuito de correção, indutores (L1, L2 e L3) são utilizados como filtro de alta frequência para sinais vindos através do secundário e que possam interferir no equipamento ligado a fonte.

A fonte está habilitada para fornecer em sua saída tensões continuas de 5V, 12V, 24V e 100V, com proteção contra curto circuito e sobrecarga em qualquer saída.

O circuito visto na figura 7.26, formado pelos componentes CI2, C18 e C16, regula 5V para 3,3V, tensão esta utilizada para alimentar os componentes digitais da CPU.

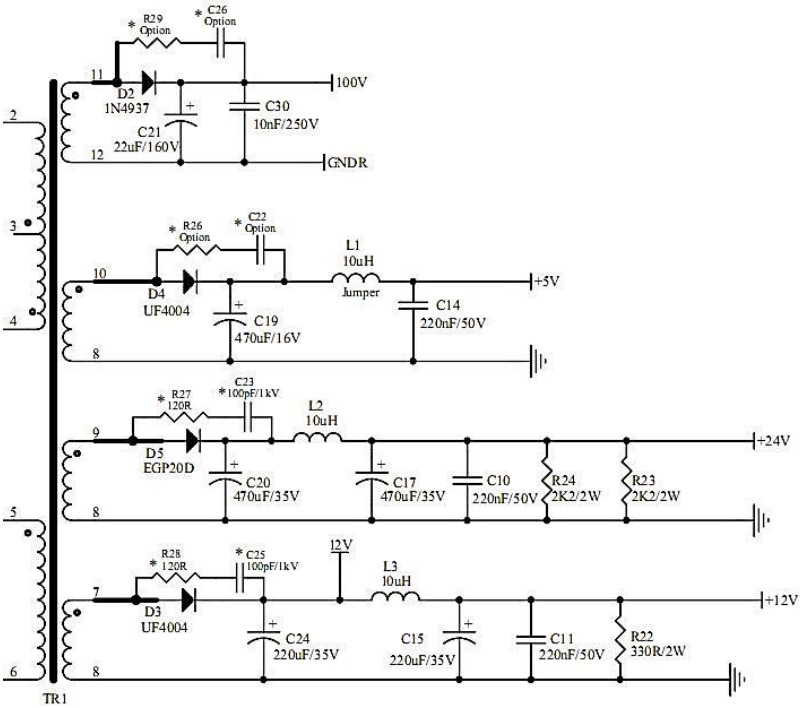



Figura 7.25 - Retificação e Filtro DC – Secundário.

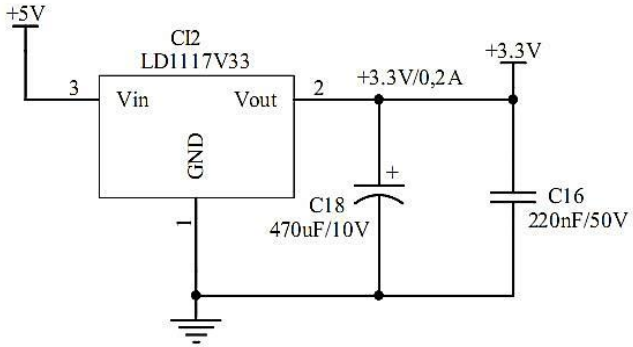



Figura 7.26 - Regulação do 3,3V digital.

A fonte de alimentação, fazendo uso da tensão de 100 V (o qual tem um GND – designado como GNDR – isolado das demais saídas), gera a campainha interna (GTOQ). O GTOQ é aplicado no telefone através do circuito de campainha quando é habilitada a chave de toque através do sinal TOQ.

O circuito de geração de toque é constituído pelos seguintes circuitos:

- Circuito oscilador.
- Circuito de Filtro e Inversor (defasagem do sinal).
- Circuito de potência.
- Circuito de referência (Clamping).

### 7.3.3.1 Circuito Oscilador

O circuito, mostrado na figura 7.27, é formado pelos componentes R19, R20, C9, CI4A (LM 324), CI4B (LM 324), R10, C7, R7, R8 e R5. Em conjunto, estes componentes formam um oscilador, gerando um sinal quadrado com frequência de 25 Hz [1].

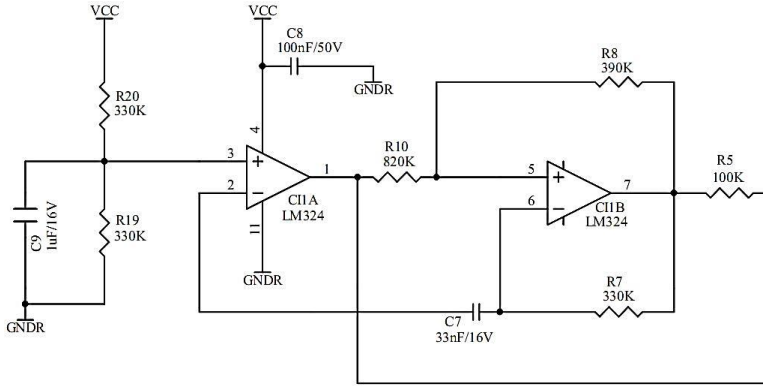



Figura 7.27 - Circuito oscilador de 25 Hz.

### 7.3.3.2 Circuito de Filtro e Inversor (defasagem do sinal)

O sinal proveniente do circuito oscilador chega até o circuito de filtro e inversor, visto na figura 7.28, formado pelos componentes C2, R4, C5, R6, C3, R3 e CI4C (LM324). Este circuito transforma o sinal quadrado em um sinal senoidal, sinal este que servirá como referência para o sinal de GTOQ que chega até o telefone.

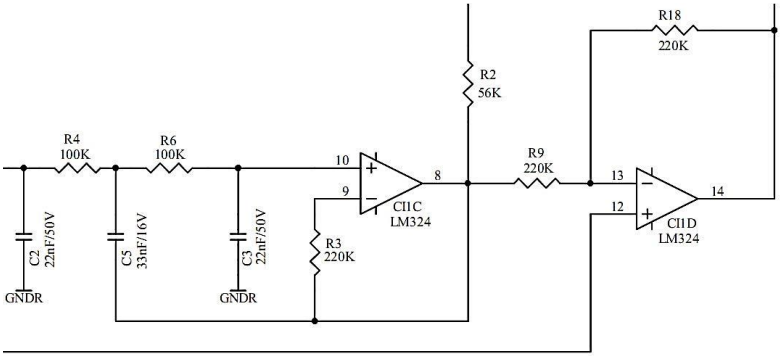



Figura 7.28 - Circuito de filtro e inversor.

O circuito inversor formado pelos componentes CI4D (LM 324), R9 e R18 defasa o sinal que sai do filtro em 180°. Desta maneira, o sinal que sai do pino 8 do CI4C é o inverso do sinal que sai no pino 14 do CI4D em relação ao tempo, porém, com a mesma amplitude. Estes dois sinais passam pelos resistores R2 e R17 chegando à parte de potência.

### 7.3.3.3 Circuito de potência

A figura 7.29 mostra o circuito responsável por garantir potência e amplitude suficiente para os telefones tocarem. Utilizando o sinal de referência gerado nos circuito de filtro e inversor, o circuito de potência formado pelos componentes R11, R12, R1, R16, C1, C6, T1, T2, T3, T4, T5 e T6, transforma o sinal de 100 V fornecido pela fonte em um sinal pulsado com a mesma

freqüência e função da tensão de referência diferindo-se apenas pela amplitude.

Os transistores T2 (MPSA42), T3 (MPSA92), T4 (MPSA42) e T5 (MPSA92) trabalham como amplificadores operando em PUSH-PULL. Enquanto T2 e T5 fazem a condução de um ciclo do sinal de toque, T3 e T4 fazem a condução do ciclo inverso, criando entre os terminais VAGTOQ e VBGTOQ, o sinal do GTOQ.

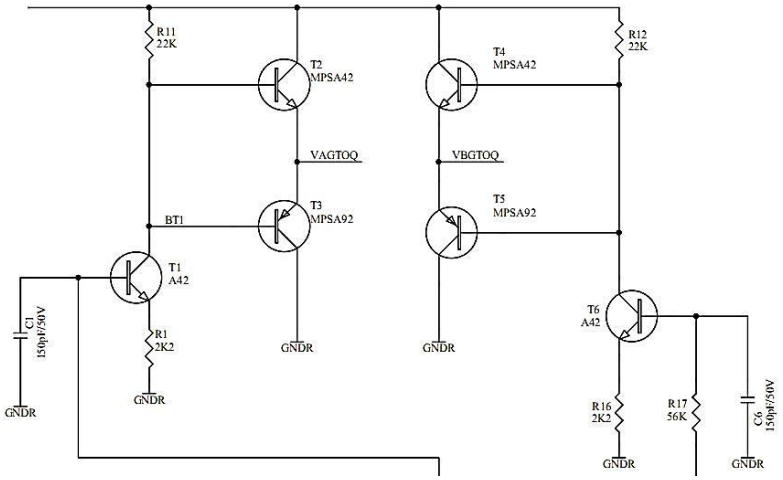



Figura 7.29 - Circuito de potência.

### 7.3.3.4 Circuito de referência (*Clamping*)

Mostrado na figura 7.30, este circuito é formado pelos componentes D1, C12, R21 e C13. Este circuito faz o GTOQ ficar referenciado em 24 Vdc (tensão de alimentação dos ramais), a tensão resultante tem em seu mínimo 24 Vdc e em seu máximo aproximadamente 150 Vpp (pico-a-pico). O diodo D1 faz com que as tensões acima de 24 Vdc o polarizem diretamente, cortando a tensão em 24 V (circuito *clamping*).

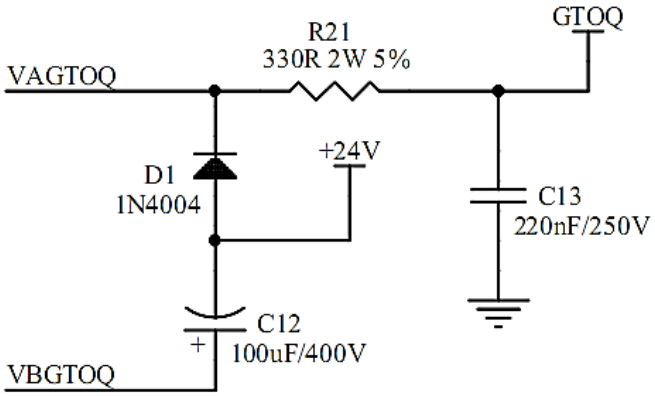



Figura 7.30 - Circuito de referência – *clamping*.

## 7.4 Firmware

A figura 7.31 mostra apenas as funções principais de gerenciamento lógico do sistema. Dentro do escopo deste trabalho somente o sistema de hardware é apresentado e detalhado.

De um modo geral, o software executa de modo cíclico a varredura de todos os ramais da central, inclusive as duas interfaces dedicadas para o porteiro XPE 24 Light. Detecta e trata as sinalizações de ramal no gancho ou fora do gancho, bem como trata as ligações provenientes dos ramais ou dos porteiros eletrônicos.

Ainda, quando em conversação com o XPE 24 Light, envia os comandos de abertura das fechaduras, e verifica as senhas digitadas no porteiro quando este recurso é utilizado.

Também, todas as programações do sistema são armazenadas na central, em memória não volátil, a fim de manter a integridade dos dados quando esta é desligada.

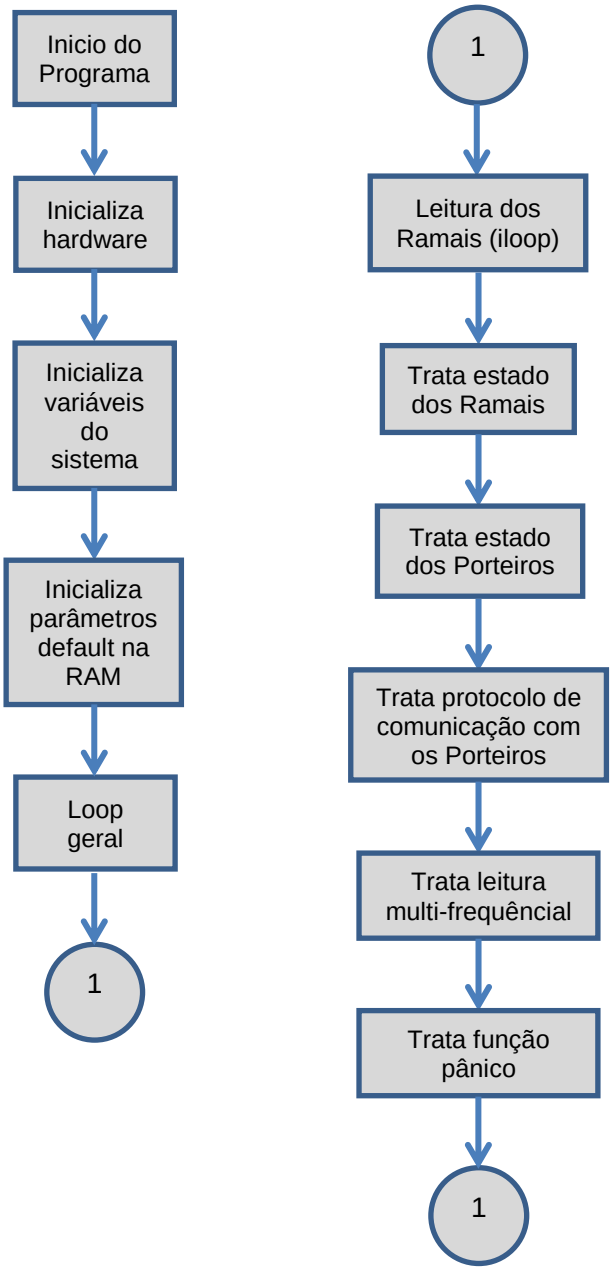



Figura 7.31 - Macro funções de gerenciamento da central.

## 7.5 Sinalização para usuário

A central de Portaria CP 24 Light dispõe de um sistema de sinalização audível com finalidade de alertar e orientar os usuários durante as operações realizadas através do equipamento. Desta forma, a sinalização é composta pela geração de toques de campainha e tons audíveis diferenciados, dependendo da condição do gancho do aparelho telefônico e do estágio da operação em curso.

### 7.5.1 Toques de campainha

Os seguintes tipos de toque diferenciados devem ser previstos durante a operação do equipamento:

- Toque interno.
- Toque de Porteiro.
- Toque de Pânico.

#### 7.5.1.1 Toque interno

Deve ser gerado quando um ramal estiver recebendo uma ligação de outro ramal, como mostrado na figura 7.32. A cadência do toque interno deve obedecer a seguinte temporização:

Figura 7.32 - Toque interno.

Quando o ramal tenta estabelecer uma ligação: este vai ativar a campainha do ramal de origem por 10 (dez) vezes ou até o ramal chamador ser colocado no gancho, após este receberá tom de ocupado.

### 7.5.1.2 Toque de Porteiro

Deve ser gerado quando se recebe uma ligação proveniente do Porteiro. A cadência do toque de Porteiro deve obedecer a seguinte temporização, como mostrado na figura 7.33:

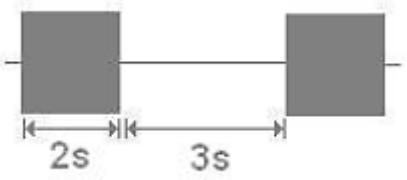



Figura 7.33 - Toque de porteiro.

### 7.5.1.3 Toque de Pânico

Deve ser recebido quando, através de comando via telefone ou através do conector de pânico, é acionado o pânico da central. Todos os telefones das placas de ramais, uma placa de cada vez, receberão o toque de pânico.

A cadência do toque de pânico obedece a seguinte temporização, vista na figura 7.34:

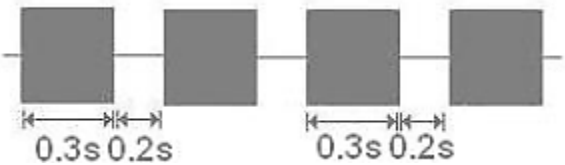



Figura 7.34 - Toque de pânico.

Depois de ativado o toque de pânico em todas as placas de ramais do sistema, uma de cada vez, o toque retorna para a primeira placa até a desativação do pânico.

### 7.5.2 Tons de operação

Os seguintes tipos de tons diferenciados, audíveis no monofone do aparelho telefônico de ramal, devem ser previstos durante a operação do equipamento. Esses tons estão listados a seguir:

- Tom de discagem.
- Tom de ocupado.
- Tom de chamada.
- Bips.

#### 7.5.2.1 Tom de discagem

Este tom é gerado, ao retirar o monofone do gancho, indicando que a central está apta a receber uma discagem do ramal.

A central aguarda cinco segundos até que seja discado o primeiro número, caso nenhum número seja discado, é enviado o tom de ocupado; para os dígitos subsequentes ao primeiro, o tempo de espera para reconhecimento destes está limitado em três segundos, após o qual deve ser seguido pelo tom de ocupado ou encaminhamento da chamada.

A cadência do tom de discar deve resultar em um tom contínuo constituído de um sinal senoidal de frequência de 425 Hz com duração de emissão igual a 975 ms +/- 75 ms e duração de pausa igual a 60 ms +/- 40 ms.

#### 7.5.2.2 Tom de ocupado

Este tom é gerado nas situações em que o ramal chamado estiver ocupado, na eventualidade de inexistência momentânea de enlace livre para comunicação interna (ramal – ramal), ou na impossibilidade de se fornecer o tom de discagem após três segundos da retirada do monofone do gancho (indisponibilidade momentânea do detector de DTMF). Depois de habilitado este tom deve permanecer presente no ramal enquanto a condição de monofone fora do gancho estiver sendo reconhecida ou até dez segundos após o início do tom.

A cadência do tom de ocupado deve resultar numa alternância entre igual a 425 Hz durante 250 ms +/- 25 ms e uma pausa de 250 ms +/- 25 ms.

#### 7.5.2.3 Tom de chamada

Este tom é gerado para o ramal chamador, após a discagem do número do ramal chamado, indicando que este encontra-se desocupado e que o toque de campainha vem sendo acionado no mesmo. A cadência do tom de chamada deve alternar um sinal de frequência de 425 Hz durante um segundo +/- 100 ms e uma pausa de quatro segundos +/- 400 ms.

#### 7.5.2.4 Bips

Esta sinalização acontece em três situações distintas, que serão inseridos durante a conversação para indicar as seguintes situações:

- **Confirmação de programação**

  Esta sinalização é gerada para indicar a aceitação de qualquer programação a partir de um ramal. A emissão do mesmo deve ser limitada a dois bips longos seguidos do tom de discagem. A cadência do tom de confirmação deve resultar

numa alternância entre um sinal de frequência igual a 425 Hz durante 500 ms e uma pausa de 500 ms.

- **Erro de programação**

Sinalização gerada para indicar a rejeição de alguma programação realizada de maneira incorreta ou inválida no ramal. A emissão do mesmo deve ser limitada a quatro bips curtos seguidos do tom de discagem. A cadência do tom de erro deve resultar numa alternância entre um sinal de frequência igual a 425 Hz durante 250 ms e uma pausa de 250 ms.

- **Aviso de ativação de pânico**

Esta sinalização é enviada para os ramais que estiverem em conversa quando o pânico for ativado. É inserido na conversa um bip curto com duração de 100 ms e intervalo de 500 ms com uma frequência de 425 Hz.

## 7.6 Construção do Protótipo

### 7.6.1 Módulo Base/CPU

O módulo Base/CPU é disposto em um painel com três placas, construído com placa de fibra de vidro dupla-face do tipo FR-4, com tamanho físico unitário de 171 x 90 mm. Como descrito anteriormente, neste módulo está o controle e gerenciamento lógico da central, bem como os circuitos de comutação de áudio, que permitem a conversação entre ramais, bem como entre um ramal e o porteiro eletrônico.

A figura 7.35 mostra o 1º protótipo, sinalizando os circuitos principais descritos anteriormente:

1. Tensão de referência VREF.
2. Tensão de ramal VLOOP.

3. Matrizes de comutação de áudio.
4. Circuito gerador de MF.
5. Circuito detector de MF.
6. Microcontrolador.
7. Memória EEPROM.
8. Porta de gravação/comunicação JTAG.
9. Portal serial RS-232.
10. Interfaces (um e dois) do porteiro XPE 24 Light.
11. Circuito gerador de tons.
12. Conector de alimentação – 3,3V/12V/24V/GTOQ.
13. Conexão com a placa ramal.

Todos os componentes SMD foram montados em máquina de inserção automática. A montagem SMD foi somente do lado TOP (superior), com aplicação de pasta de solda nos terminais dos componentes com o auxilio de stêncil. A montagem dos componentes PTH foi feita de forma manual. Após a montagem, as placas passam pelo forno para o processo de fusão da solda, a fim de obter o contato elétrico entre todos os circuitos da placa.

A figura 7.36 mostra o 1º protótipo da placa Base/CPU montado na linha de produção.

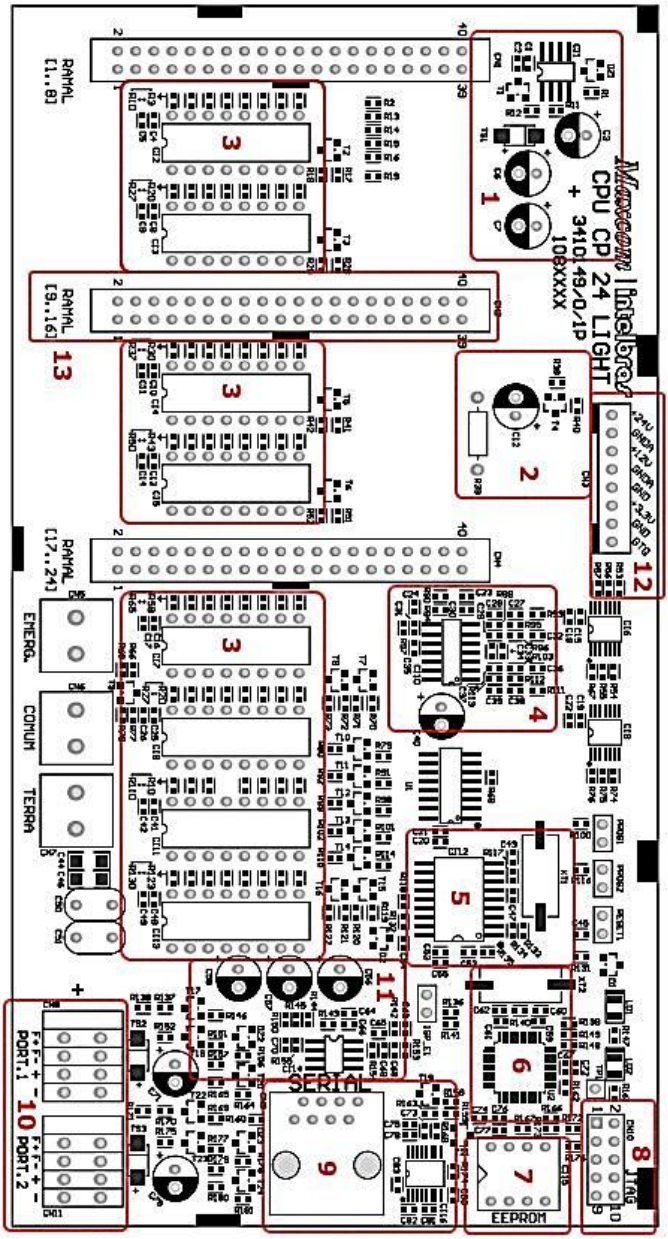



Figura 7.35 - Desenho da Placa Base/CPU.

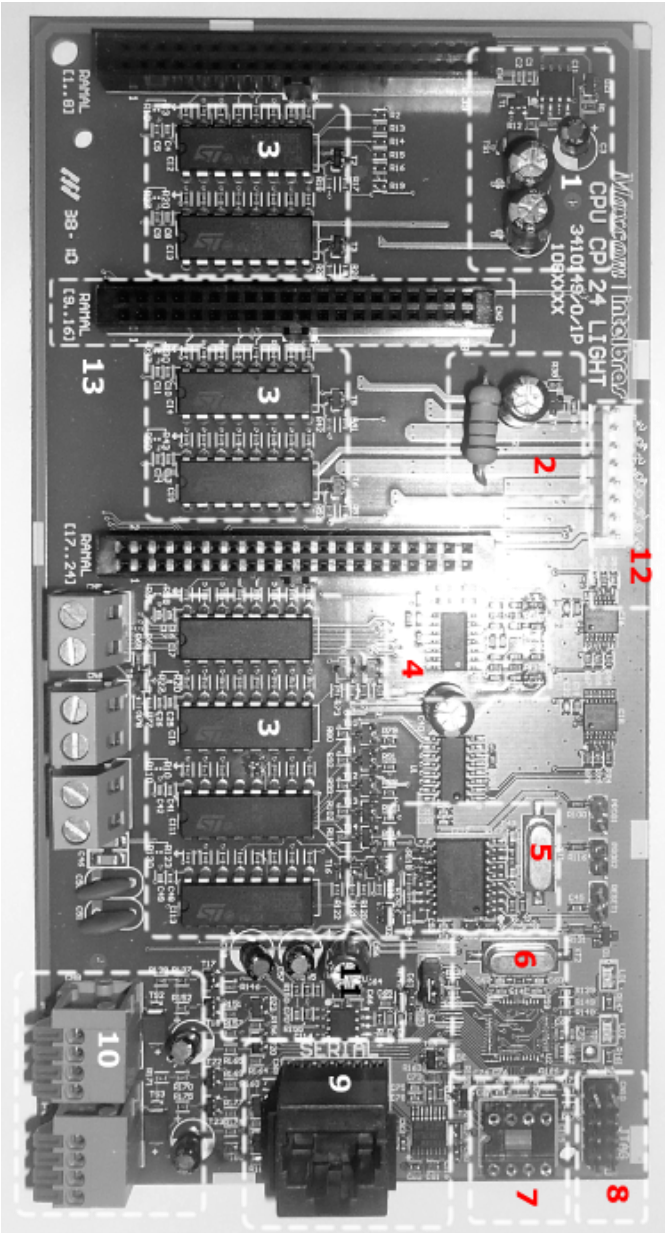



Figura 7.36 - Montagem da Placa Base/CPU.

### 7.6.2 Placa Ramal Desbalanceado

O módulo de Ramal é disposto em um painel com seis placas, construído com placa de fibra de vidro dupla-face do tipo FR-4, com tamanho físico unitário de 86 x 63 mm. A finalidade deste módulo é interfacear os ramais com os canais de áudio (enlaces), monitorar ramais fora do gancho, ativar a campainha caso esta seja requisitada e alimentar o telefone, quando este estiver conectado ao circuito de interface. A figura 7.37 mostra o 1º protótipo da placa ramal, indicando os principais circuitos:

1. Conexão dos ramais (interface para o usuário).
2. Conexão com a placa Base/CPU.
3. Circuitos de controle e acesso ao barramento digital.
4. Circuito de ramal analógico desbalanceado.

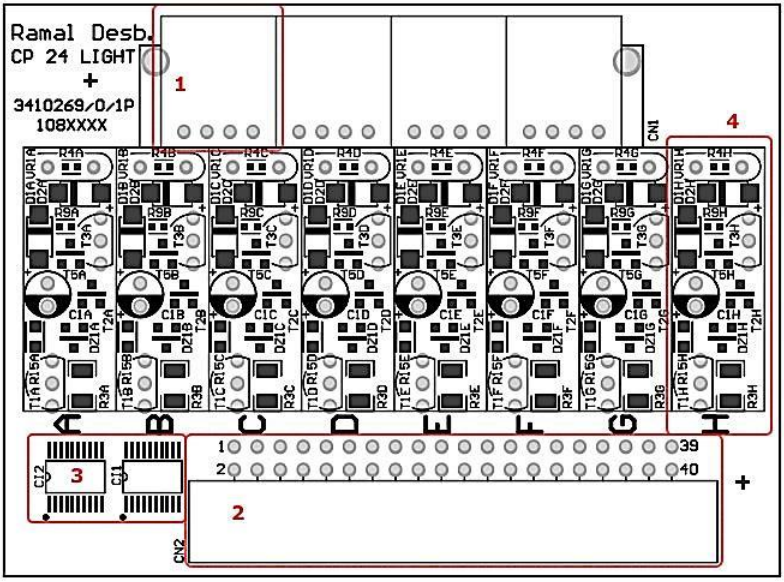



Figura 7.37 - Desenho da placa ramal desbalanceado – lado superior.

Todos os componentes SMD foram montados em máquina de inserção automática. A montagem SMD é feita no lado TOP (superior), com aplicação de pasta de solda nos pads dos componentes com o auxilio de stêncil. No lado BOTTOM (inferior), mostrado na figura 7.38, a montagem dos componentes SMD é feita colando os componentes na placa, para que estes não desloquem dos pads (terminais na placa) ao passar pelo forno de refusão.

A montagem dos componentes PTH é feita de forma manual. Após a montagem, as placas passam pelo forno para o processo de fusão da solda, a fim de obter o contato elétrico entre todos os circuitos da placa. Ao final, assim como na placa Base/CPU, o painel é analisado pela engenharia de processos, de modo a verificar se o processo de montagem da placa está de acordo com o previsto.

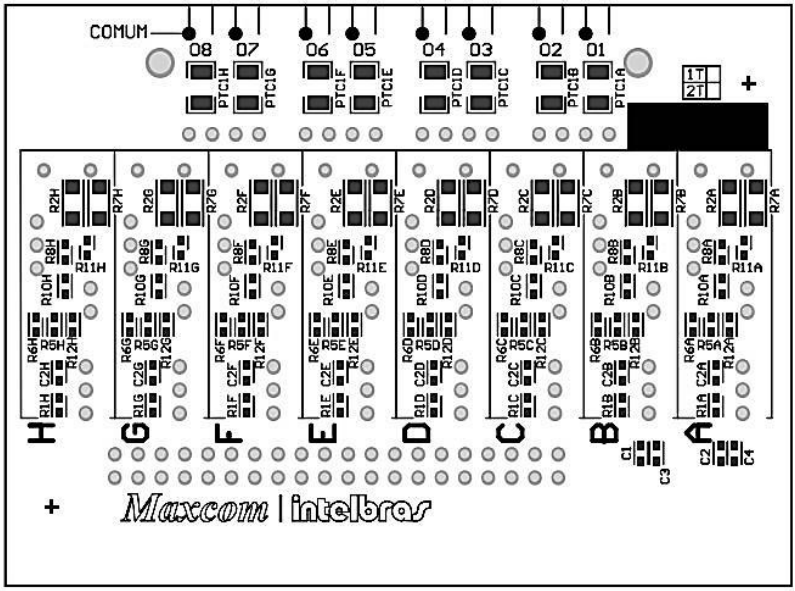



Figura 7.38 - Desenho da placa ramal desbalanceado – lado inferior.

As figuras 7.39 e 7.40 mostram, respectivamente, o lado superior e inferior do 1º protótipo de ramal desbalanceado montado na linha de produção.

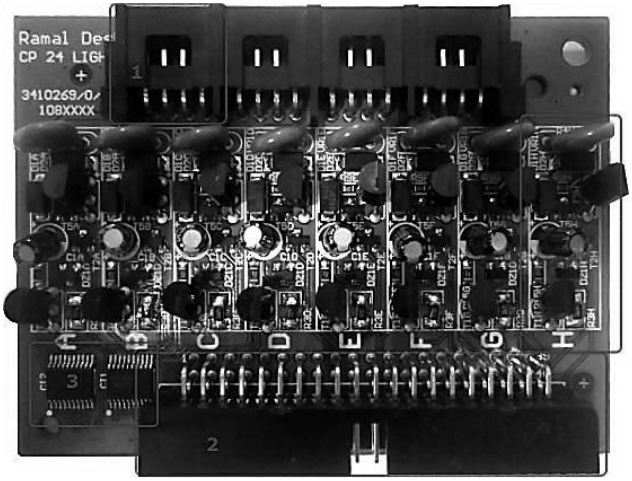



Figura 7.39 - Montagem da placa ramal desbalanceado – lado superior.

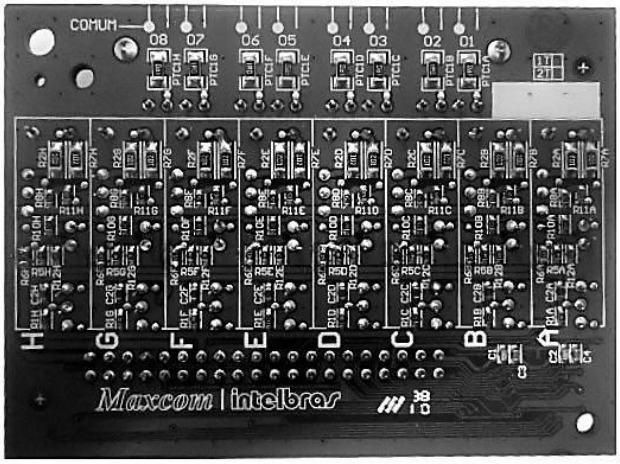



Figura 7.40 - Montagem da placa ramal desbalanceado – lado inferior.

### 7.6.3 Placa Fonte Chaveada

A fonte chaveada é disposta em um painel com três placas, construído com placa de fibra de vidro dupla-face do tipo FR-4, com tamanho físico unitário de 171 x 56 mm. A finalidade deste módulo é fornecer todas as tensões necessárias para o correto funcionamento da central, como descrito abaixo:

- 3,3 V – usado nos circuitos digitais;
- 12 V – usado nos circuito analógicos;
- 24 V – usado na alimentação dos ramais e do porteiro XPE 24 Light;
- GTOQ – usado na campainha do telefone. Conforme exemplificado anteriormente, consiste de uma onda senoidal de 25 Hz, de 150 $V_{pp}$, grampeada na tensão de 24 V.

A figura 7.41 mostra o 1º protótipo da placa fonte, sinalizando os principais circuitos:

1. Filtro de entrada.
2. Retificação e filtro DC (primário).
3. *Clamping* e Start-Up.
4. Bloco PWM e Retorno.
5. *Feedback*/Controle de Saída.
6. Transformador.
7. Retificação e filtro DC (secundário).
8. Circuito da campainha – GTOQ.

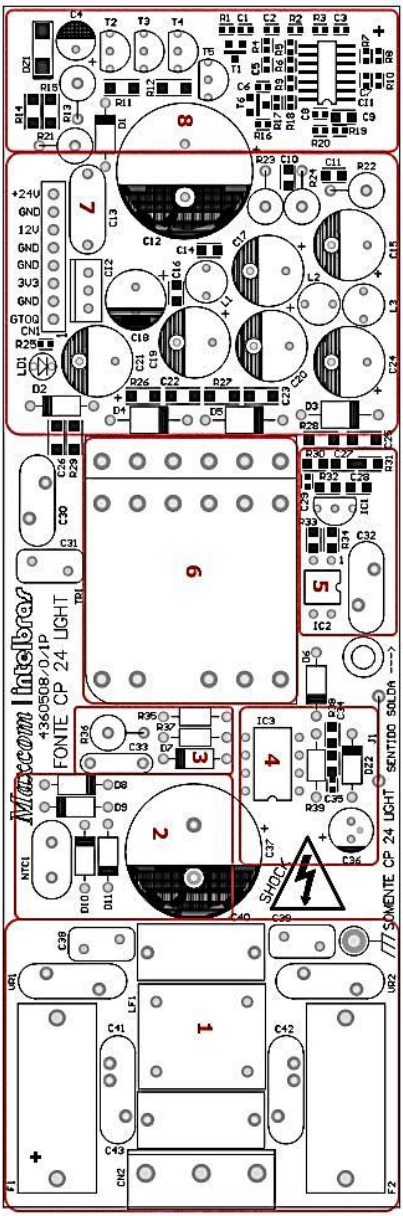



Figura 7.41 - Desenho da placa fonte.

Todos os componentes SMD foram montados em máquina de inserção automática. A montagem SMD é feita no lado TOP (superior), com aplicação de pasta de solda nos pads dos componentes com o auxilio de stêncil.

A montagem dos componentes PTH foi realizada de forma manual.

Assim como nas outras placas, após a montagem, a fonte passa pelo forno para o processo de fusão da solda, a fim de obter o contato elétrico entre todos os circuitos.

A figura 7.42 mostra o 1º protótipo da placa fonte montado na linha de produção.

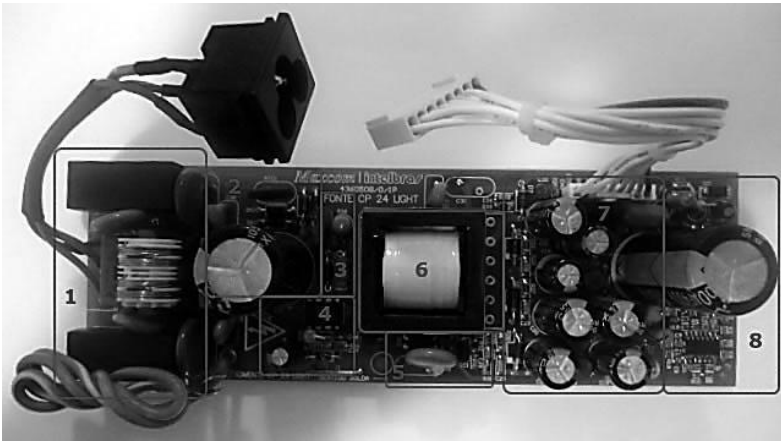



Figura 7.42 - Montagem da placa fonte.

# 8 TESTES FUNCIONAIS E VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO

## 8.1 Módulo Base/CPU

O módulo Base/CPU foi testado eletricamente, a fim de verificar os sinais analógicos e digitais bem como o nível das tensões de alimentação para os vários circuitos. Ainda, com o auxilio do software embarcado de controle e gerenciamento do sistema, foram realizados os testes funcionais. Neste tópico segue o detalhamento dos testes realizados nos principais periféricos da CPU.

### 8.1.1 Microcontrolador

No microcontrolador, foram testados e validados de acordo com as características esperadas os periféricos listados abaixo:

- Clock de 20 MHz – usado como sinal de sincronismo do sistema.
- Interface de comunicação JTAG – usada em Debug/Gravação.
- Interface de comunicação ISP – usada em programação via Serial RS-232.
- Interface de comunicação I2C – utilizada na comunicação com a EEPROM.
- Sinais Digitais – utilizados na escrita/leitura dos periféricos digitais.
- Módulo PWM – usado no gerador de tons MF.
- Temporizador de 425 Hz – usado na geração de onda quadrada para o gerador de tons.

### 8.1.2 Gerador de Tons

O gerado de tons utiliza a onda quadrada gerada por um módulo *timer* do microcontrolador ajustado na frequência de 425 Hz (± 25 Hz), a fim de gerar os tons necessários na utilização da central, descritos abaixo:

- TOM: utilizado como tom de ocupado e bips da central.
- TOM0: utilizado como tom de discar do 1º ramal a sair do gancho.
- TOM1: utilizado como tom de discar do 2º ramal a sair do gancho.

A figura 8.1 sinaliza os pontos do circuito onde foram amostradas as formas de onda do gerador de tons (canal 1 e canal 2).

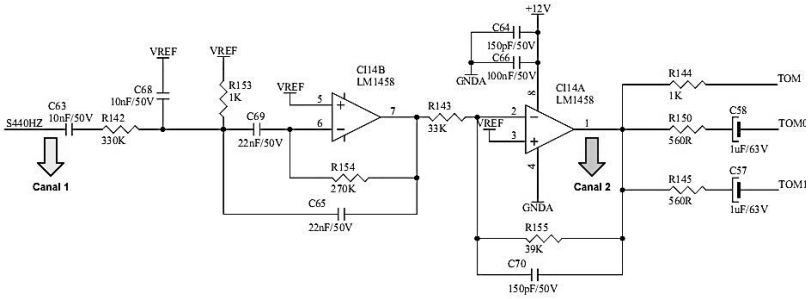



Figura 8.1 - Captura das formas de onda do gerador de tons.

A figura 8.2 mostra os canais 1 e 2 do osciloscópio, indicando, respectivamente, a geração da onda quadrada pelo microcontrolador, e na saída do gerador de tons a onda senoidal referenciada no Vref. Esta onda de 425 Hz é utilizada nos canais de áudio da central (tom audível). Deve-se observar que todos os sinais de áudio que trafegam na central utilizam o Vref como referência.

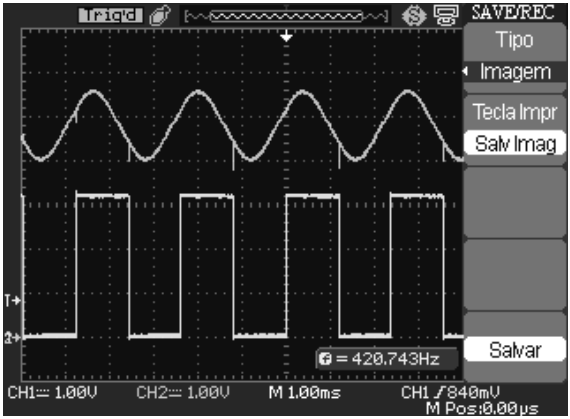



Figura 8.2 - Forma de onda do sinal de TOM.

### 8.1.3 Decodificador DTMF

O decodificador de tons MF é utilizado na central para identificação dos números ou caracteres (# ou *) digitados pelo usuário no telefone, fornecendo ao microcontrolador seus equivalentes binários de quatro bits no barramento de dados. Este circuito é formado basicamente pelo circuito integrado HT9170. A figura 8.3 mostra como o circuito funciona:

1. Sinal DTMF chega via C52.

2. Se MF válido, o CI indicará através do pino STD ao microcontrolador.

3. Após, o microcontrolador aciona o pino HAB_DTMF, sinalizando ao HT9170 para disponibilizar os bits no barramento de dados (D0 a D3).

4. Ao final, a leitura dos bits no barramento é executada.

Após a leitura dos números ou caracteres, o microcontrolador toma as decisões necessárias, por exemplo: ligação para outro ramal, ligação para o porteiro, comandos de

abertura de fechadura, transferência de ligação do ramal especial, dentre outros.

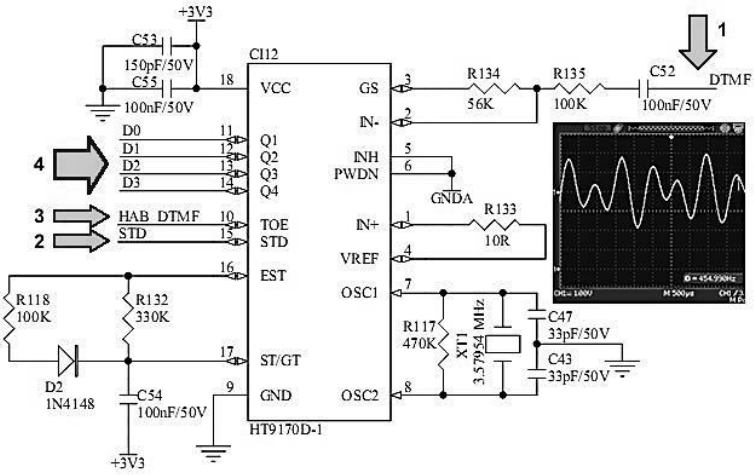



Figura 8.3 - Funcionamento do CI HT9170.

Para testar o circuito, foi montado em bancada o esquema baseado na figura 8.4. Para cada número ou caractere pressionado no telefone, temos a combinação dos bits correspondentes no barramento D0 (LSB) a D4 (MSB); o que significa, neste caso, que os leds correspondentes acendem. O circuito funcionou de maneira adequada, detectando os números ou caracteres de acordo com o digitado no telefone.

A figura 8.5 mostra o esquema da combinação de frequências para cada dígito ou caractere disponível no teclado do telefone. Os caracteres de A até D não são utilizados na aplicação.

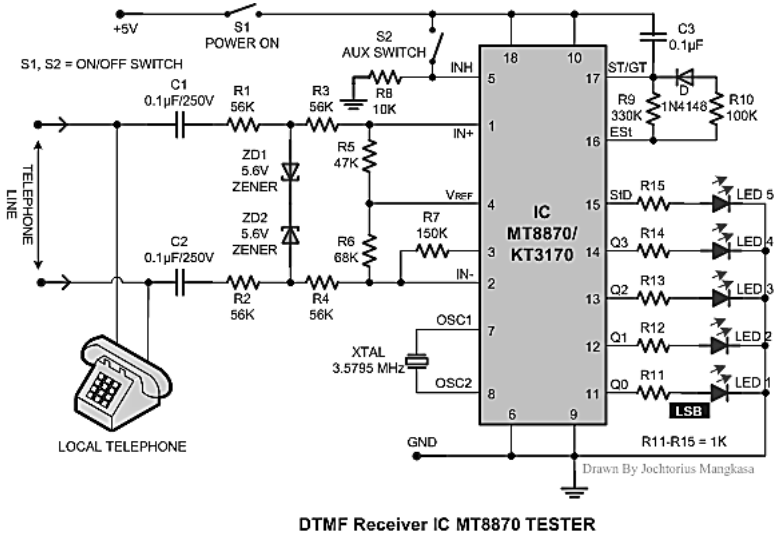



Figura 8.4 - Circuito de teste do CI HT9170.

| | 1209 Hz | 1336 Hz | 1477 Hz | 1633 Hz |
|---|---|---|---|---|
| 697 Hz | 1 | 2 | 3 | A |
| 770 Hz | 4 | 5 | 6 | B |
| 752 Hz | 7 | 8 | 9 | C |
| 941 Hz | * | 0 | # | D |

Figura 8.5 - Combinações de freqüência DTMF.

### 8.1.4 Gerador de Tom MF

O gerador de tom MF é utilizado na central para envio dos números ou caracteres (# ou *) digitados pelo usuário no telefone, a fim de utilizar o recurso de BINA. Este recurso foi testado, mas não é utilizado no produto atualmente.

Para criar o MF é utilizado um módulo PWM de 16 bits do microcontrolador, disponível externamente nos pinos PWM1 e PWM2. Neste caso, o microcontrolador gera nestes pinos a modulação por largura de pulso especifica para geração das altas e baixas frequências de cada tom MF necessário.

Nos amplificadores operacionais as ondas quadradas são tratadas e temos na saída as ondas senoidais do tom MF correspondente.

Ao final, estas ondas senoidais são misturadas, sendo que este sinal é tratado no circuito amplificador integrador, que fornece um ganho de dois ao sinal, sendo que este excursiona sobre a tensão Vref (5 V).

O pino de MFO vai para matriz e é acoplado ao circuito de ramal quando necessário, por exemplo, no envio do número do ramal chamador para identificação dos ramais.

A figura 8.6 mostra o esquema de como o gerador de tons MF trabalha:

1. Onda quadrada de alta e baixa frequência gerada via PWM (ponto 1).

2. Circuitos analógicos conformam a onda, gerando a correspondente senoidal (ponto 2).

3. Após, o amplificador integrador mistura as ondas, gerando o sinal MF correspondente (ponto 3).

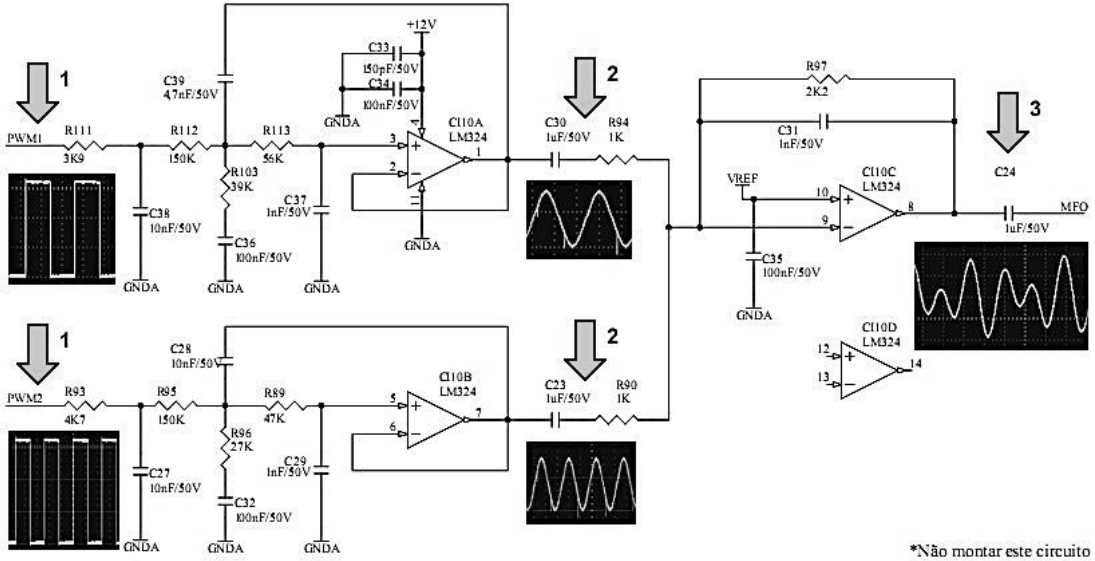



Figura 8.6 - Gerador de tom MF via PWM.

### 8.1.5 Matrizes de Comutação de Áudio

Como descrito anteriormente, as matrizes de comutação *cross-point* são responsáveis por toda comutação de sinais do sistema, permitindo que os canais de áudio (enlaces E0 a E3) tenham acesso aos pontos de áudio provenientes da CPU, tais como: geração e decodificação de MF, tons (ocupado, chamada e de discagem) e demais canais de áudio.

Os pontos de cruzamento são selecionados por dois bits de controle tanto para X (AX0, AX1) quanto para Y (AY0, AY1). Ao total, podemos ter até dezesseis combinações (internamente, o CI tem um *decoder* de quatro x dezesseis linhas), conforme descrito na tabela 8.1:

Tabela 8.1 - Combinações de chaveamento da matriz.

| ADDRESS | | | | SELECT | | ADDRESS | | | | SELECT | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AX0 | AX1 | AY0 | AY1 | | | AX0 | AX1 | AY0 | AY1 | | |
| L | L | L | L | X1 | Y1 | L | L | L | H | X1 | Y3 |
| H | L | L | L | X2 | Y1 | H | L | L | H | X2 | Y3 |
| L | H | L | L | X3 | Y1 | L | H | L | H | X3 | Y3 |
| H | H | L | L | X4 | Y1 | H | H | L | H | X4 | Y3 |
| L | L | H | L | X1 | Y2 | L | L | H | H | X1 | Y4 |
| H | L | H | L | X2 | Y2 | H | L | H | H | X2 | Y4 |
| L | H | H | L | X3 | Y2 | L | H | H | H | X3 | Y4 |
| H | H | H | L | X4 | Y2 | H | H | H | H | X4 | Y4 |

Ainda, temos dois pinos na matriz utilizados para o controle da comutação:

- Pino DATA = 0 $\rightarrow$ abre os pontos da matriz selecionados.
- Pino DATA = 1 $\rightarrow$ fecha os pontos da matriz selecionados.
- Pino STB $\rightarrow$ um pulso neste pino abre ou fecha os pontos X e Y selecionados.

Os canais de áudio (enlaces) de E0 a E3 estão dispostos na matriz pelo lado Y, os quais podem comutar em qualquer ponto do lado X. Como exemplo, as figuras 8.7 e 8.8 mostram, respectivamente, o ramal #201 (RML0) comutando com o #202 (RML1):

1. AX0 e AX1 recebem nível lógico 0 – seleciona RML0.

2. AY0 e AY1 recebem nível lógico 0 – seleciona Enlace E0.

3. Pino DATA recebe nível lógico 1 – comando para fechar RML0 com E0.

4. Pino STB0 pulsado – RML0 comuta com E0.

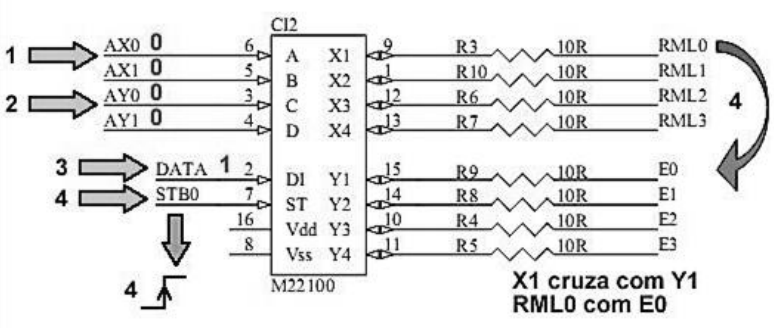



Figura 8.7 - Comutação do RML0 com E0.

5. AX0 recebe nível lógico 1 e AX1 recebe nível lógico 0 – seleciona RML1.

6. AY0 e AY1 recebem nível lógico 0 – seleciona Enlace E0.

7. Pino DATA recebe nível lógico 1 – comando para fechar RML1 com E0.

8. Pino STB0 pulsado – RML1 comuta com E0 e, consequentemente, com RML0.

RML0 e RML1 estão no mesmo enlace, ou seja, em conversação.

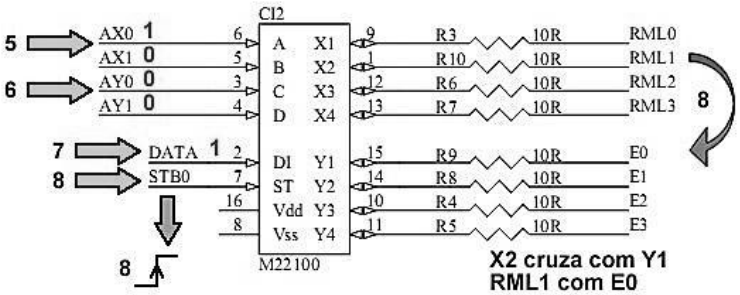



Figura 8.8 - Comutação do RML1 com E0.

Neste exemplo temos a comutação de dois ramais no mesmo enlace, mas o software permite controlar as matrizes de tal forma que podemos ter dois pontos quaisquer da central comutados em qualquer um dos quatro enlaces disponíveis (ramal ↔ ramal ou ramal ↔ porteiro).

Nos testes executados, todo gerenciamento da comutação dos sinais da central pelo software funcionou de maneira adequada, sem cruzar os canais de áudio de forma errônea. Ainda, não foram detectados ruídos audíveis provenientes da comutação dos canais das matrizes.

### 8.1.6 Interface de Acionamento do Pânico

Esta função do sistema permite que um pulso detectado no CN5 execute o comando de alarme da central, disparando a campainha dos telefones, de quatro em quatro ramais. O circuito de pânico, depois do pulso, indica o acionamento deste para o microcontrolador através do sinal EMERG. A função pânico também pode ser acionada via comando MF por telefone.

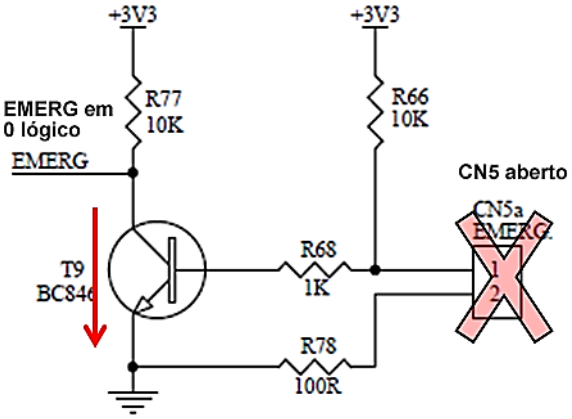



Figura 8.9 - Acionamento do Pânico desativado.

A figura 8.9 mostra o sistema de pânico desativado, ou seja, o transistor T9 mantém-se saturado fazendo a sinalização “EMERG” ficar em 0 lógico.

A figura 8.10 mostra o sistema de pânico ativado, ou seja, o transistor T9 está agora cortado, fazendo a sinalização

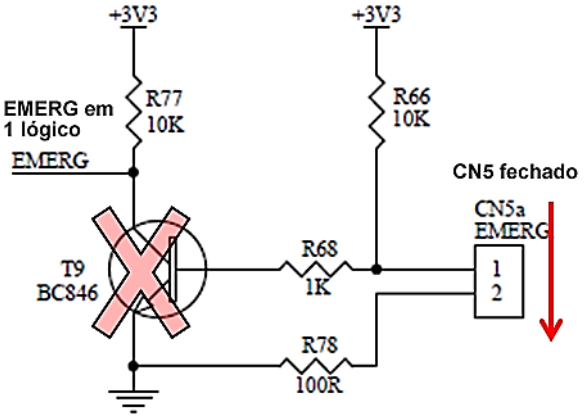



Figura 8.10 - Acionamento do Pânico ativado.

“EMERG” ficar em 1 lógico.

O sistema de acionamento do pânico via hardware foi testado apenas colocando um curto-circuito no conector CN5, e verificando se o sinal EMERG permanecia em 3V3, ou seja, nível lógico 1. Retirando o curto, o sinal EMERG permanece em nível lógico 0 como esperado. Via software, o sistema foi testado pressionando #9 no ramal especial (previamente programado), e também funcionou da maneira esperada.

### 8.1.7 Tensão de Referência VREF

A tensão de referência Vref é utilizada para os canais de áudio da central, e o valor esperado para esta é de 5 Vdc.

Na figura 8.11, observa-se a medição do osciloscópio para esta tensão, que tem seu valor médio em 4,76 V. Esta diferença se deve ao fato da tolerância dos componentes, mas está dentro do esperado e funciona a contento. Conforme retiramos os telefones do gancho, esta tensão não sofre variação, demonstrando que o circuito apresenta estabilidade. Também não foi detectada variação significativa com o aumento da temperatura.

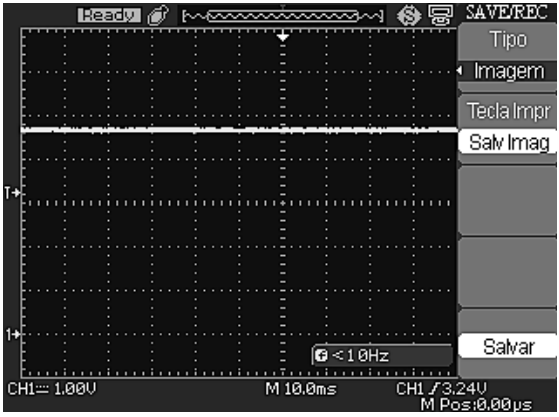



Figura 8.11 - Medição da tensão Vref.

### 8.1.8 Tensão Vloop

A tensão Vloop é utilizada como referência na placa de oito ramais desbalanceada, tensão esta responsável pelos 20 mA de corrente de *loop* do ramal desbalanceado. O valor esperado para o Vloop é de 22,34 V conforme calculado pelo divisor resistivo.

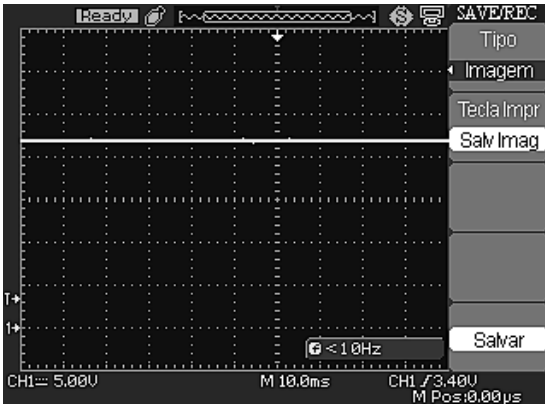



Figura 8.12 - Medição da tensão Vloop.

Na figura 8.12, observa-se a medição do osciloscópio para esta tensão, que tem seu valor médio em 22,20 V. Novamente, esta diferença se deve ao fato da tolerância dos componentes, mas está dentro do esperado e funciona de maneira adequada. Conforme retiramos os telefones do gancho, esta tensão não sofre variação, demonstrando que o circuito apresenta estabilidade e garante os 20 mA na fonte de corrente para o telefone. Também não foi detectada variação significativa com o aumento da temperatura.

### 8.1.9 Interface do Porteiro XPE 24 Light

A interface com os porteiros também se mostrou totalmente funcional, pois tanto a interface de dados (que trafega pelo FONE2), quanto os canais de áudio (FONE1 e FONE2) demonstraram confiabilidade nos testes realizados. Estes testes consistiram em enviar dados para o porteiro (como comandos de abertura de fechadura e programação de senha), bem como o tráfego do próprio áudio entre um ramal qualquer e o porteiro. A figura 8.13 mostra um exemplo de comunicação entre o porteiro

e a central, indicando os pulsos enviados ao porteiro para a abertura da fechadura eletromagnética. Ademais, todo o protocolo foi testado exaustivamente, entretanto, não é o objetivo deste trabalho detalhar todos os comandos.

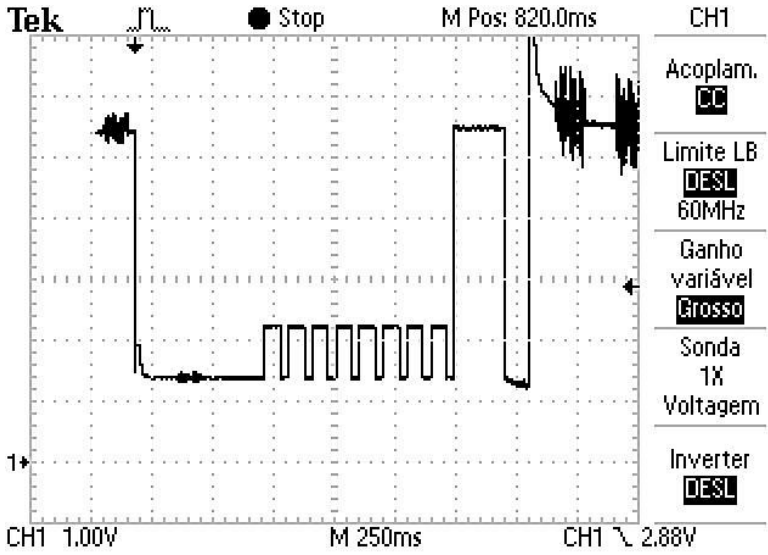



Figura 8.13 - Comunicação Central – Porteiro.

### 8.1.10 Interface para Conexão dos Ramais

O conector de interface com os ramais funciona de maneira adequada, pois todas as tensões necessárias são disponibilizadas para os circuitos que compõem a placa de ramal, bem como todos os sinais digitais são lidos/escritos sem erros.

## 8.2 Módulo Ramal Desbalanceado

O módulo Ramal Desbalanceado foi testado eletricamente, a fim de verificar os sinais analógicos e digitais bem como o nível

das tensões de alimentação para os vários circuitos. Assim como na placa Base/CPU, foram realizados os testes funcionais com o auxilio do software de controle e gerenciamento do sistema. Neste tópico segue o detalhamento dos testes realizados nos circuitos da placa Ramal.

### 8.2.1 Conexão dos Ramais – Interface para o Usuário

Todos os oito ramais foram testados e validados para cada placa, sendo que tanto os sinais analógicos quanto os digitais funcionaram a contento. A figura 8.14 mostra a placa de ramal, sinalizando a interface de conexão para o usuário. Cada par de pinos é um ramal, totalizando dezesseis vias para oito ramais.

Figura 8.14 - Interface do usuário – placa ramal.

### 8.2.2 Conexão com a Placa Base/CPU

A conexão de interface com a placa Base/CPU (figura 8.15) funcionou de maneira adequada. Todas as tensões necessárias estão presentes nos circuitos que compõem a placa de ramal, bem como todos os sinais digitais são lidos/escritos pela CPU sem erros. Ainda, os canais de áudio também foram testados e não se detectou falhas ou ruídos indesejados.

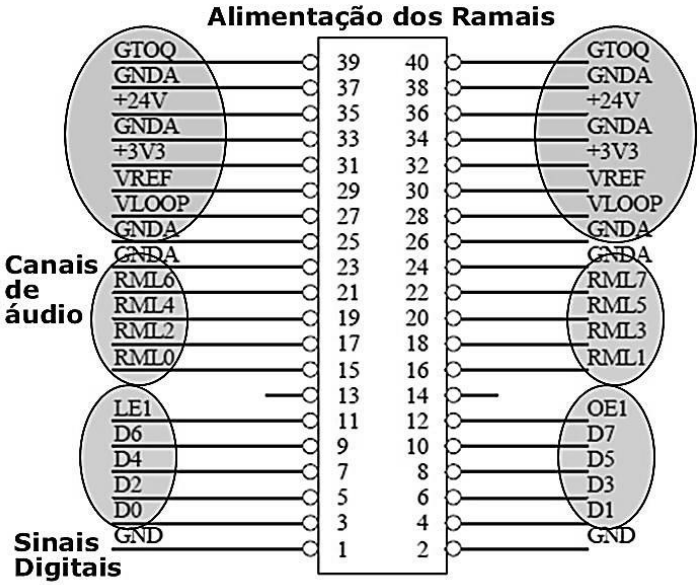



Figura 8.15 - Conexão da placa ramal com a Base/CPU.

Na figura 8.15 são mostrados com maiores detalhes todos os sinais presentes na conexão com a placa Base/CPU. Deve-se observar a separação dos sinais analógicos e digitais, bem como da alimentação, a fim de prover o correto funcionamento de todos os circuitos.

### 8.2.3 Circuitos de Controle e Acesso ao Barramento Digital

Os circuitos de controle e acesso ao barramento digital são responsáveis pela habilitação dos sinais de toque nas placas ramais (TOQ0 a TOQ7), bem como pela leitura dos sinais de ILOOP (ILOOP0 a ILOOP7), que indicam ramal fora do gancho. O sinal de controle A0 é responsável por habilitar a escrita dos sinais de toque. O sinal A1 é responsável por habilitar a leitura dos sinais ILOOP. Este circuito, bem como sua interface com a placa Base/CPU, são mostrados na figura 8.16. Todos os pulsos de controle são habilitados pelos pinos SEL1, SEL2 e SEL3, os quais selecionam a placa de ramal a ser gerenciada. O barramento de dados D0 a D7 do microcontrolador envia os sinais de toque ou executa a leitura dos ramais.

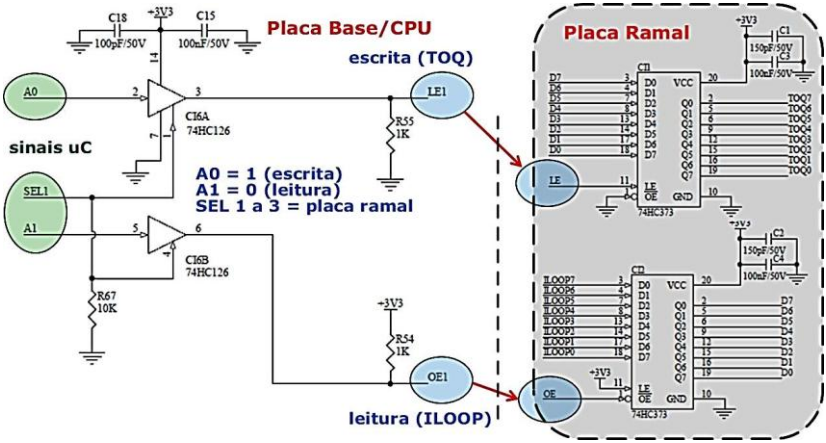



Figura 8.16 - Controle e acesso ao barramento digital dos ramais.

Estes circuitos foram testados eletricamente, sendo que todos os níveis lógicos de sinal estão de acordo com o esperado. Ainda, com o gerenciamento via software, foi possível monitorar toda a central, enviando sinais de toque e realizando a leitura dos sinais de ramal fora do gancho para cada ramal individualmente, em cada uma das três placas.

### 8.2.4 Circuito Analógico Desbalanceado

Como descrito anteriormente, este circuito é responsável pela alimentação do telefone, acoplamento de áudio, indicação de ramal fora do gancho (ILOOP) e acionamento da campainha de *ring* (TOQ) quando necessário. A figura 8.17 mostra novamente o circuito analógico desbalanceado. A seguir será fornecido maiores detalhes das partes principais do circuito.

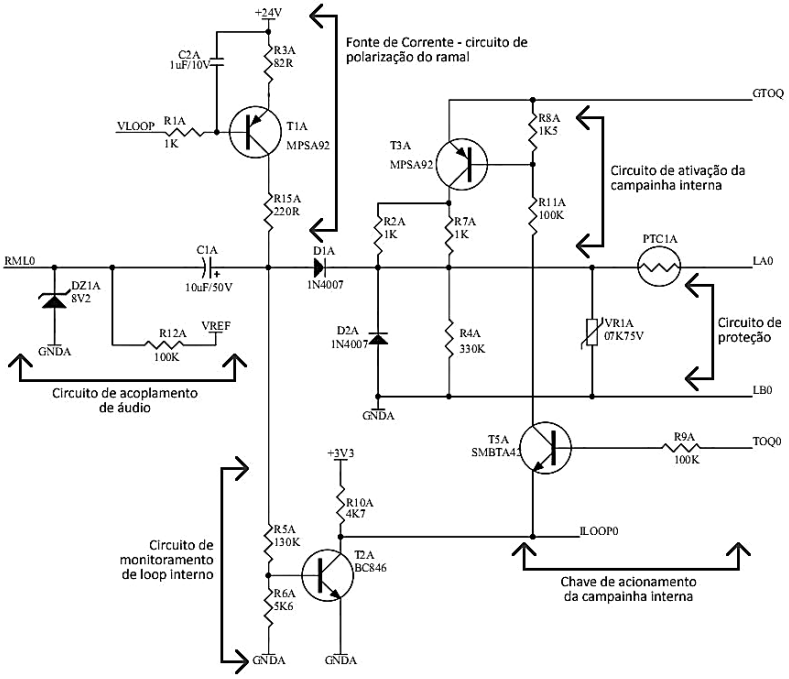



Figura 8.17 - Circuito analógico desbalanceado.

O acoplamento de áudio, mostrado na figura 8.18, é feito através dos componentes C1X, DZ1X, e R12X. O capacitor de 10 uF desacopla o nivel DC do áudio, o diodo zener de 8V2 grampeia os sinais de áudio, a fim de proteger e não saturar os circuitos analógicos. O resistor de 100 kΩ apenas garante o nivel DC da tensão de referência Vref, a qual é utilizada para o áudio

excursionar pela central. Os testes realizados com este circuito demonstraram que o mesmo está funcionando a contento.

O circuito analógico consegue fornecer uma corrente de LOOP de aproximadamente 22 mA para uma carga acoplada no ramal de no máximo 800 Ω.

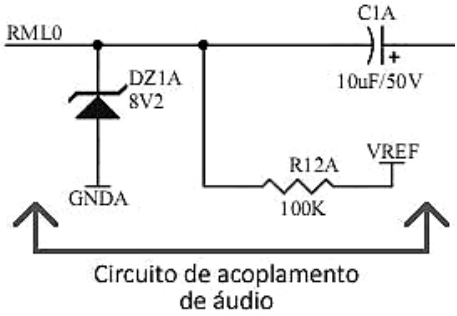



Figura 8.18 - Acoplamento de áudio.

O circuito está dimensionado para 20 mA, mas este valor de corrente medido está dentro do esperado e o circuito funciona de forma adequada.

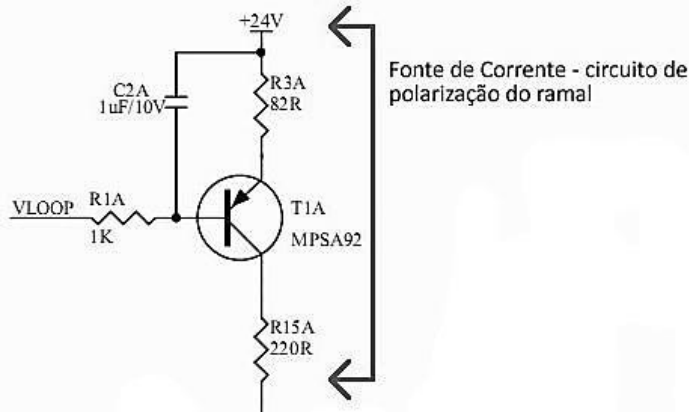



Figura 8.19 - Fonte de corrente.

Essa corrente é garantida pela fonte de corrente, vista na figura 8.19, formada pelos componentes R1X, C2X, R3X, T1X, R15X e VLOOP. Ao retirar o telefone do gancho, a diferença entre a tensão de 24 V e o VLOOP faz o transistor T1X conduzir mantendo constante uma tensão de 1,7 V no resistor R3X (82 Ω), de maneira a circular 20 mA no telefone.

A tensão de entrada na divisão resistiva de R5X e R6X, que abaixo de 24 V retira o transistor T2X do estado de saturação, faz com que o ILOOP vá para o estado alto (nivel lógico 1), indicando que o ramal saiu do gancho. Este circuito é mostrado na figura 8.20.

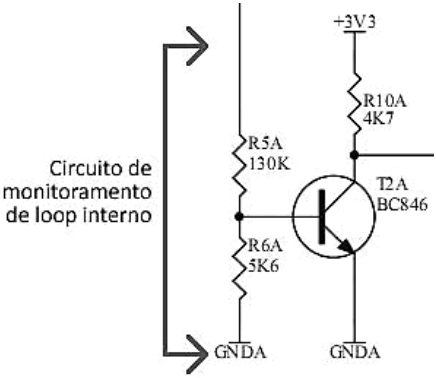



Figura 8.20 - Circuito de monitoramento de LOOP.

O sinal de ILOOP é lido pelo microcontrolador através do circuito de controle e acesso ao barramento digital, descrito no item anterior, a fim de isolar os sinais através de um *buffer*, que é formado pelo CI 74HC373.

A chave de toque da campainha interna, vista na figura 8.21, é composta pelos componentes R8X, R11X, R7X, R2X, T3X, T5X e R9X. Quando a CPU deseja chamar algum ramal, verifica primeiramente se o mesmo está livre (no gancho) através da sinalização ILOOP. Caso este esteja livre, ela envia através do circuito de controle um comando de TOQ para o ramal, este comando faz saturar o transistor T5X, fazendo com que o transistor T3X envie o sinal de campainha para o aparelho telefônico. Os resistores R7X e R2X limitam a corrente do sinal de TOQ que circula no circuito. O diodo D1X não permite que o toque chegue até a parte de acoplamento de áudio.

Neste circuito há uma proteção por hardware que automaticamente desliga o GTOQ oriundo da fonte quando o ramal é retirado do gancho. Quando o telefone está no gancho, o transistor T2X está saturado e o ILOOP está no nível lógico 0 (GND). Desta forma, o transistor T5X é saturado com o comando de TOQ quando em nivel lógico 1. Quando o ramal é retirado do gancho, o transistor T2X é cortado, colocando o ILOOP no nível lógico 1 (3V3), o que faz com a que a diferença de tensão entre base e emissor no T5X seja zero, cortando este transistor e consequentemente desligando o circuito de ativação da campainha. Desta forma, impede-se a queima do circuito de

acoplamento de áudio, das matrizes de comutação e do próprio ramal.

Nos testes realizados, retirou-se o telefone do gancho ainda tocando, e o circuito de campainha foi automaticamente desativado. Assim, preservou-se a interface analógica e o telefone conectado.

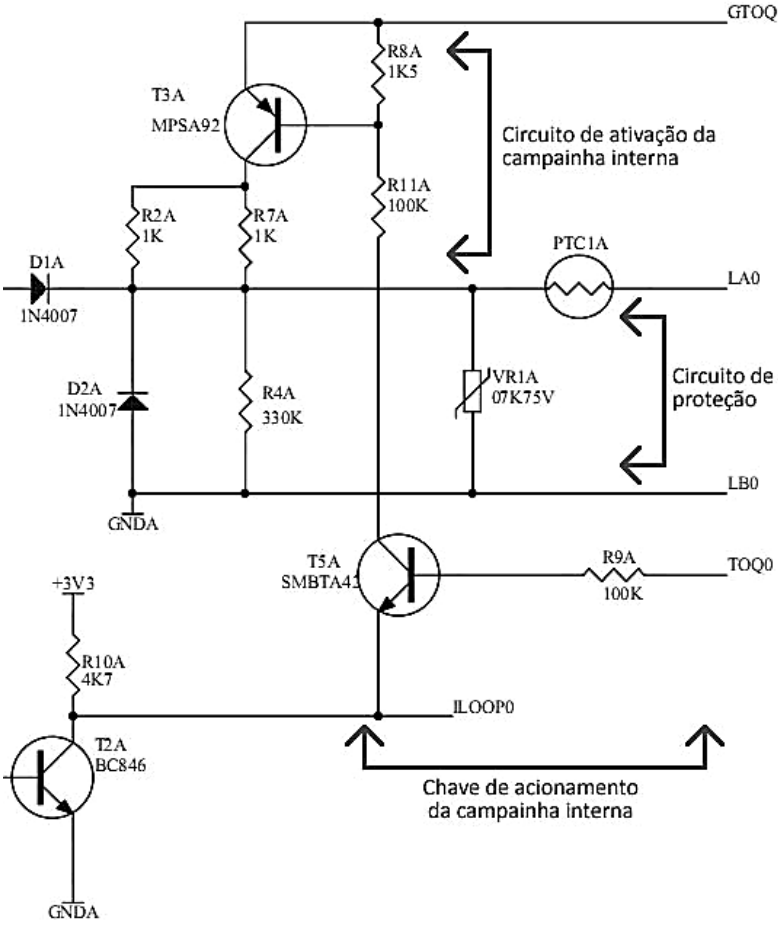



Figura 8.21 - Circuito de ativação da campainha interna.

O circuito de ramal conta também com um sistema de proteção localizado na entrada do circuito, que tem por finalidade proteger contra avarias na instalação e contra descargas elétricas, através do desacoplamento destas. O circuito é formado pelo varistor VR1X e pelo termistor PTC1X. Através da aplicação de pulsos de alta tensão na entrada do ramal, pode-se monitorar o varistor atuando e protegendo o restante do circuito. O termistor tem por finalidade evitar que a potência dissipada pelo varistor seja dissipada totalmente em cima do mesmo e que este então venha a se queimar.

## 8.3 Módulo Fonte Chaveada

A Fonte Chaveada foi testada eletricamente, a fim de verificar o nível das tensões de alimentação para os vários circuitos. Diferentemente dos outros módulos, os testes realizados não necessitam de software, pois o chaveador PWM da fonte é um circuito independente. A fonte chaveada foi testada de acordo com as especificações da tabela 8.2, definidas para o funcionamento adequado dos circuitos da central. Além disso, esta foi submetida a uma temperatura de 65 ºC e 90 % de umidade, durante dez dias (somente para carga coletiva, que é coerente com o uso da central). A mesma não sofreu avarias e todas as tensões de saída permaneceram dentro do especificado.

Neste tópico segue o detalhamento dos testes realizados nos circuitos da Fonte Chaveada.

Tabela 8.2 - Especificações de regulação da fonte chaveada.

| Tensões de Saída | | | Tolerância aceitável em cada saída (regulação): |
|---|---|---|---|
| Valor | Corrente | Potência | |
| 100 V | 0,05 A | 5 W | 100 V > +/- 15% - *ripple* 100 mV |
| 24 V | 0,7 A | 16,8 W | 24 V > +/- 10% - *ripple* 50 mV |
| 12 V | 0,15 A | 1,8 W | 12 V > +/- 10% - *ripple* 100 mV |
| 5 V | 0,20 A | 1,0 W | 5 V > +/- 2,5% - *ripple* 50 mV |
| 3,3 V | 0,10 A | 0,3 W | 3,3 V > +/- 2,5% - *ripple* 50 mV |
| Potência Total | | 24,90 W | |

### 8.3.1 Testes com Carga Individual

No teste, aplicou-se carga individualmente em cada saída, exceto no GTOQ (esta saída foi testada diretamente com um aparelho telefônico). Neste caso, como a fonte é regulada pela saída de 24 V, esta tensão foi a que apresentou a melhor regulação. As outras tensões ficaram dentro da variação esperada, apesar da aplicação de carga individual. Na tabela 8.3, temos o teste com carga individual em 50 Hz. Na tabela 8.4, temos o teste com carga individual em 60 Hz. Nestes dois casos, consideraram-se as seguintes premissas:

- Cargas (resistiva): 25, 50, 75 e 100 % da carga nominal.
- Tensões de entrada: 90, 110, 130, 200, 220, 240 e 265 Vac.
- Frequências de entrada: 50 ou 60 Hz.

Mesmo com aplicação de carga individual (teste mais crítico), situação esta não encontrada no funcionamento em campo da central, a mesma respondeu a variação de carga de maneira satisfatória.

Tabela 8.3 - Valores de ensaio da fonte chaveada – 50 Hz/Carga Individual.

| PLACA FONTE CHAVEADA CP 24 LIGHT - Testes Elétricos - Carga Individual/50 Hz | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Teste de Carga 90 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média | Teste de Carga 200 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
| | 25% | 50% | 75% | 100% | | | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 | Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,03 | 23,95 | 23,86 | 24,10 | 23,99 | Saída 24 V/700 mA | 24,02 | 23,97 | 23,89 | 24,10 | 24,00 |
| Saída 12 V/150 mA | 11,49 | 11,31 | 11,17 | 11,04 | 11,25 | Saída 12 V/150 mA | 11,59 | 11,39 | 11,25 | 11,23 | 11,37 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,399 | 3,400 | 3,400 | 3,364 | 3,391 | Saída 3V3/200 mA | 3,400 | 3,400 | 3,400 | 3,397 | 3,399 |
| | | | | | | | | | | | |
| Teste de Carga 110 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média | Teste de Carga 220 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
| | 25% | 50% | 75% | 100% | | | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 | Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,03 | 23,95 | 23,87 | 24,10 | 23,99 | Saída 24 V/700 mA | 24,03 | 24,00 | 23,91 | 24,10 | 24,01 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Saída 12 V/150 mA | 11,43 | 11,22 | 11,17 | 11,02 | 11,21 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,399 | 3,400 | 3,400 | 3,364 | 3,391 |

| Teste de Carga 130 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,03 | 23,95 | 23,88 | 24,10 | 23,99 |
| Saída 12 V/150 mA | 11,43 | 11,22 | 11,17 | 11,09 | 11,23 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,399 | 3,400 | 3,400 | 3,368 | 3,392 |

| Resistores | % Ω | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Saída 100 V/50 mA | 8k | 4k | 2k6 | 2k |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Saída 12 V/150 mA | 11,51 | 11,26 | 11,18 | 11,07 | 11,26 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,400 | 3,400 | 3,400 | 3,400 | 3,400 |

| Teste de Carga 240 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,03 | 24,00 | 23,91 | 24,10 | 24,01 |
| Saída 12 V/150 mA | 11,43 | 11,21 | 11,11 | 11,07 | 11,21 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,400 | 3,400 | 3,400 | 3,399 | 3,400 |

| Teste de Carga 265 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Saída 24 V/700 mA | 137R | 68,5R | 45,7R | 34R |
| Saída 12 V/150 mA | 320R | 160R | 106R | 80R |
| Saída 3V3/200 mA | 66R | 33R | 22R | 16,5R |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Saída 24 V/700 mA | 24,02 | 24,02 | 23,97 | 24,09 | 24,03 |
| Saída 12 V/150 mA | 11,41 | 11,21 | 11,05 | 10,94 | 11,15 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,400 | 3,399 | 3,399 | 3,334 | 3,383 |

Tabela 8.4 - Valores de ensaio da fonte chaveada – 60 Hz/Carga Individual.

| PLACA FONTE CHAVEADA CP 24 LIGHT - Testes Elétricos - Carga Individual/60 Hz | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Teste de Carga 90 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média | Teste de Carga 200 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
| | 25% | 50% | 75% | 100% | | | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 | Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 23,94 | 23,95 | 23,83 | 24,09 | 23,95 | Saída 24 V/700 mA | 24,02 | 23,95 | 23,90 | 24,10 | 23,99 |
| Saída 12 V/150 mA | 11,48 | 11,31 | 11,17 | 10,88 | 11,21 | Saída 12 V/150 mA | 11,59 | 11,37 | 11,23 | 11,19 | 11,35 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,399 | 3,400 | 3,401 | 3,400 | 3,400 | Saída 3V3/200 mA | 3,399 | 3,400 | 3,400 | 3,402 | 3,400 |
| | | | | | | | | | | | |

| Teste de Carga 110 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 23,94 | 23,95 | 23,84 | 24,10 | 23,96 |
| Saída 12 V/150 mA | 11,43 | 11,21 | 11,17 | 10,90 | 11,18 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,399 | 3,400 | 3,401 | 3,402 | 3,401 |

| Teste de Carga 220 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,02 | 23,95 | 23,92 | 24,09 | 24,00 |
| Saída 12 V/150 mA | 11,49 | 11,24 | 11,14 | 10,98 | 11,21 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,399 | 3,400 | 3,400 | 3,400 | 3,400 |

| Teste de Carga 130 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 23,96 | 23,95 | 23,86 | 24,09 | 23,97 |
| Saída 12 V/150 mA | 11,43 | 11,21 | 11,19 | 10,95 | 11,20 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,399 | 3,400 | 3,400 | 3,402 | 3,400 |

| Teste de Carga 240 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,05 | 23,94 | 23,95 | 24,11 | 24,01 |
| Saída 12 V/150 mA | 11,41 | 11,20 | 11,01 | 10,88 | 11,13 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,399 | 3,400 | 3,399 | 3,392 | 3,398 |

| Resistores | % Ω | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Saída 100 V/50 mA | 8k | 4k | 2k6 | 2k |
| Saída 24 V/700 mA | 137R | 68,5R | 45,7R | 34R |
| Saída 12 V/150 mA | 320R | 160R | 106R | 80R |
| Saída 3V3/200 mA | 66R | 33R | 22R | 16,5R |

| Teste de Carga 265 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,04 | 23,95 | 23,97 | 24,11 | 24,02 |
| Saída 12 V/150 mA | 11,36 | 11,18 | 10,94 | 10,86 | 11,09 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,398 | 3,400 | 3,399 | 3,384 | 3,395 |

### 8.3.2 Testes com Carga Coletiva

Neste teste, aplicaram-se cargas simultaneamente em cada saída, com o mesmo percentual de carga nominal, exceto no GTOQ (esta saída foi testada diretamente com um aparelho telefônico). No teste com carga coletiva, todas as tensões ficaram dentro da variação especificada. Na tabela 8.5, temos o teste com carga coletiva em 50 Hz. Na tabela 8.6, temos o teste com carga coletiva em 60 Hz. Nestes dois casos, consideraram-se as mesmas condições de contorno anteriores aplicadas ao teste com carga individual (exceto para cargas de 75 %).

Tabela 8.5 - Valores de ensaio da fonte chaveada – 50 Hz/Carga Coletiva.

| PLACA FONTE CHAVEADA CP 24 LIGHT - Testes Elétricos - Carga Coletiva/50 Hz | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Teste de Carga 90 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média | Teste de Carga 200 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
| | 25% | 50% | 75% | 100% | | | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 | Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,02 | 23,97 | - | 24,13 | 24,04 | Saída 24 V/700 mA | 24,02 | 23,97 | - | 24,13 | 24,04 |
| Saída 12 V/150 mA | 12,04 | 12,10 | - | 12,24 | 12,13 | Saída 12 V/150 mA | 12,06 | 12,10 | - | 12,18 | 12,11 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,402 | 3,403 | - | 3,416 | 3,407 | Saída 3V3/200 mA | 3,402 | 3,403 | - | 3,416 | 3,407 |
| | | | | | | | | | | | |
| Teste de Carga 110 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média | Teste de Carga 220 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
| | 25% | 50% | 75% | 100% | | | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 | Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,03 | 23,97 | - | 24,14 | 24,05 | Saída 24 V/700 mA | 24,03 | 23,97 | - | 24,13 | 24,04 |
| Saída 12 V/150 mA | 12,04 | 12,09 | - | 12,26 | 12,13 | Saída 12 V/150 mA | 12,06 | 12,11 | - | 12,18 | 12,12 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,402 | 3,403 | - | 3,416 | 3,407 | Saída 3V3/200 mA | 3,402 | 3,403 | - | 3,416 | 3,407 |

| Teste de Carga 130 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,03 | 23,97 | - | 24,13 | 24,04 |
| Saída 12 V/150 mA | 12,04 | 12,10 | - | 12,23 | 12,12 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,402 | 3,403 | - | 3,416 | 3,407 |

| Teste de Carga 240 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,03 | 23,97 | - | 24,12 | 24,04 |
| Saída 12 V/150 mA | 12,08 | 12,12 | - | 12,18 | 12,13 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,402 | 3,403 | - | 3,416 | 3,407 |

| Resistores | % Ω | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Saída 100 V/50 mA | 8k | 4k | - | 2k |
| Saída 24 V/700 mA | 137R | 68,5R | - | 34R |
| Saída 12 V/150 mA | 320R | 160R | - | 80R |
| Saída 3V3/200 mA | 66R | 33R | - | 16,5R |

| Teste de Carga 265 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,03 | 23,97 | - | 24,12 | 24,04 |
| Saída 12 V/150 mA | 12,08 | 12,12 | - | 12,18 | 12,13 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,402 | 3,403 | - | 3,416 | 3,407 |

Tabela 8.6 - Valores de ensaio da fonte chaveada – 60 Hz/Carga Coletiva.

| PLACA FONTE CHAVEADA CP 24 LIGHT - Testes Elétricos - Carga Coletiva/60 Hz | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Teste de Carga 90 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média | Teste de Carga 200 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
| | 25% | 50% | 75% | 100% | | | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 | Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,05 | 23,96 | - | 24,11 | 24,04 | Saída 24 V/700 mA | 24,07 | 23,96 | - | 24,11 | 24,05 |
| Saída 12 V/150 mA | 12,06 | 12,11 | - | 12,20 | 12,12 | Saída 12 V/150 mA | 12,10 | 12,10 | - | 12,19 | 12,13 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,402 | 3,403 | - | 3,416 | 3,407 | Saída 3V3/200 mA | 3,402 | 3,402 | - | 3,417 | 3,407 |
| | | | | | | | | | | | |
| Teste de Carga 110 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média | Teste de Carga 220 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
| | 25% | 50% | 75% | 100% | | | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 | Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,07 | 23,96 | - | 24,11 | 24,05 | Saída 24 V/700 mA | 24,07 | 23,96 | - | 24,11 | 24,05 |
| Saída 12 V/150 mA | 12,06 | 12,10 | - | 12,21 | 12,12 | Saída 12 V/150 mA | 12,08 | 12,10 | - | 12,19 | 12,12 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Saída 3V3/200 mA | 3,402 | 3,403 | - | 3,416 | 3,407 |

| Teste de Carga 130 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,07 | 23,96 | - | 24,10 | 24,04 |
| Saída 12 V/150 mA | 12,06 | 12,10 | - | 12,19 | 12,12 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,402 | 3,402 | - | 3,416 | 3,407 |

| Resistores | % Ω | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Saída 100 V/50 mA | 8k | 4k | - | 2k |
| Saída 24 V/700 mA | 137R | 68,5R | - | 34R |
| Saída 12 V/150 mA | 320R | 160R | - | 80R |
| Saída 3V3/200 mA | 66R | 33R | - | 16,5R |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Saída 3V3/200 mA | 3,402 | 3,403 | - | 3,417 | 3,407 |

| Teste de Carga 240 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,06 | 23,96 | - | 24,11 | 24,04 |
| Saída 12 V/150 mA | 12,11 | 12,11 | - | 12,19 | 12,14 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,402 | 3,402 | - | 3,416 | 3,407 |

| Teste de Carga 265 Vac | % da Carga Nominal | | | | Média |
|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 50% | 75% | 100% | |
| Saída 100 V/50 mA | - | - | - | - | 0,00 |
| Saída 24 V/700 mA | 24,08 | 23,97 | - | 24,12 | 24,06 |
| Saída 12 V/150 mA | 12,08 | 12,13 | - | 12,18 | 12,13 |
| Saída 3V3/200 mA | 3,402 | 3,403 | - | 3,415 | 3,407 |

## 8.4 Testes Mecânicos

Os testes mecânicos foram realizados para as três placas: Base/CPU, Placa Ramal e Fonte Chaveada. Foram realizados os testes relacionados abaixo para cada módulo:

- Teste de queda com embalagem.
- Teste de transporte.
- Testes de encaixe das placas no gabinete.
- Testes de interferência mecânica no conjunto montado.
- Testes de manuseio e uso na instalação.

O gabinete mecânico é constituído de ABS injetado, sendo que este conjunto já é utilizado em outra central PABX da empresa financiadora da pesquisa, com modularidade de 16 ramais. Considerações de custo e velocidade de projeto foram determinantes para a escolha de um gabinete já existente. Na figura 8.22 observa-se um comparativo da concepção mecânica do produto e a versão acabada.

Todos os testes mecânicos relativos à queda e transporte foram realizados pelo P&D Mecânica, departamento da Intelbras responsável por teste desta natureza. Partes integrantes do produto, como caixa, calços e apoios de placa foram desenvolvidos e testados, mas não são discutidos dentro do escopo deste trabalho. A central de portaria foi aprovada em todos os testes mecânicos aos quais foi submetida.

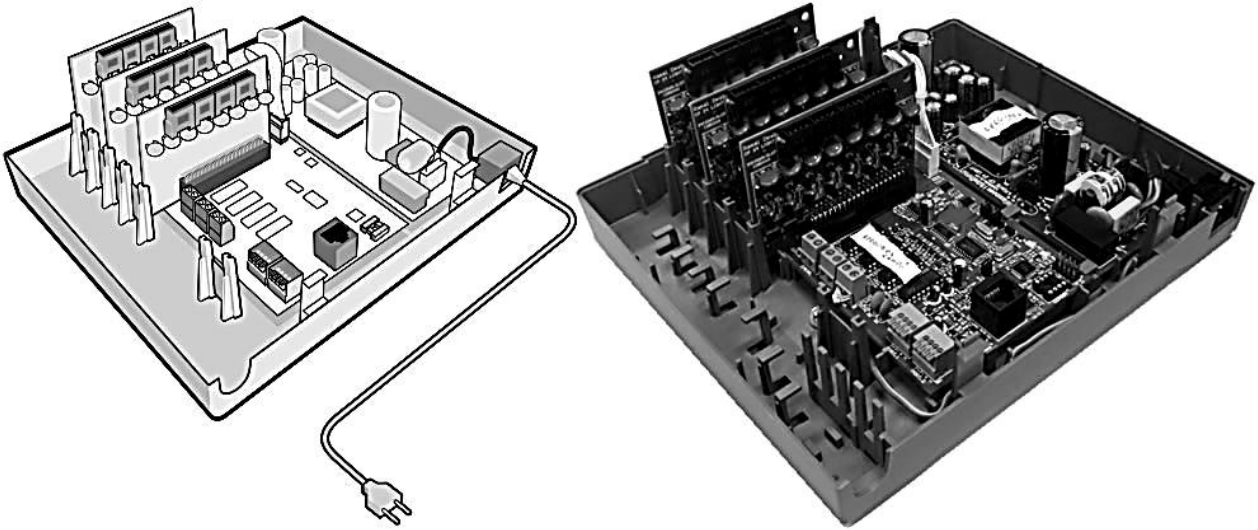


Figura 8.22 - Conjunto mecânico da CP 24 Light.

# 9 AJUSTES DO PROTÓTIPO

Ao longo dos testes realizados na central, em diferentes configurações de uso, foram detectados pequenos ajustes nos diversos módulos que compõem a mesma. A seguir são descritos estes ajustes, exemplificando as alterações de hardware realizadas.

## 9.1 Módulo Base/CPU

No módulo Base/CPU, foram feitos ajustes ou modificações nos seguintes circuitos:

- Circuito da interface serial RS-232 retirado.
- Filtro LC na entrada de alimentação.
- Circuito gerador de tons.
- Circuito detector de MF.
- Circuito de tensão VLOOP.
- Circuito de interface do Porteiro XPE 24 Light.

### 9.1.1 Filtro LC na Alimentação

Durante os testes realizados com a central, verificou-se a presença de um ruído de fundo nos ramais. Analisando a causa do ruído, foi constatado que o ruído é gerado pelo “Modo Burst” do chaveador PWM, o qual desliga o dreno do seu MOSFET interno quando a carga de saída é baixa o suficiente para permitir este modo de operação.

Neste caso, apesar da freqüência de trabalho de 67 kHz do chaveador, um ruído de baixa freqüência na ordem de 1,5 kHz aparece, sendo perceptível ao ouvido humano. O “modo Burst” é

característica intrínseca do CI, não sendo possível desativar este modo de operação. O modo de funcionamento em Burst da fonte é mostrado na figura 9.1.

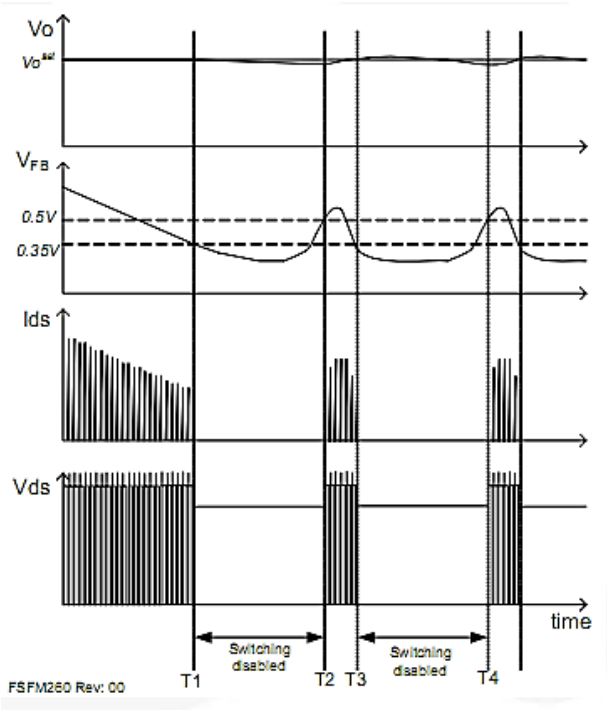



Figura 9.1 - Modo Burst da fonte chaveada.

Para filtrar este ruído, foi necessária a construção de um filtro LC, conforme mostrado na figura 9.2. Este filtro é dividido em duas partes, sendo que uma alimenta os ramais e outra os porteiros XPE 24 Light. Na alimentação dos porteiros, foi inserido o diodo D3, o qual serve como proteção contra ligação inversa na alimentação destes. Caso a tensão de +24 V seja ligada invertida, a fonte da central desliga, não permitindo que nenhum dos módulos do sistema sofra avarias.

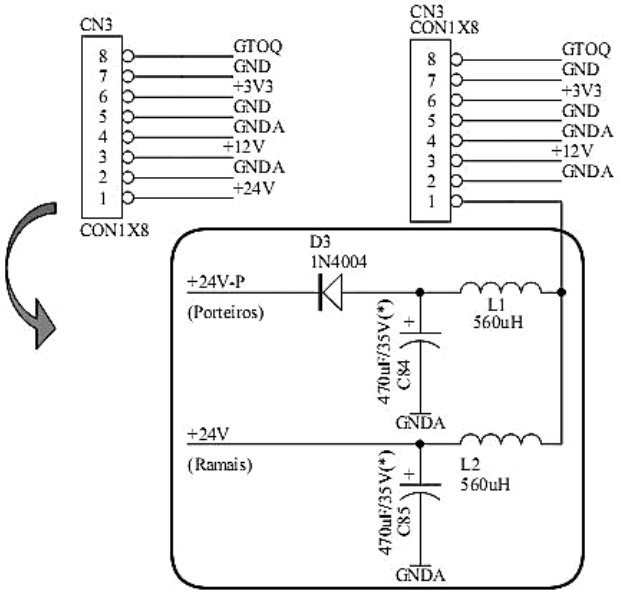



Figura 9.2 - Filtro LC na alimentação da central.

O filtro LC foi novamente testado nos ajustes da fonte de alimentação. Os circuitos da fonte foram alterados e, por conseguinte, este filtro foi eliminado. De qualquer forma, manteve-se o mesmo no *layout* da placa Base/CPU caso tenhamos modificações futuras no produto e a malha LC seja necessária novamente.

Na alteração da placa de circuito impresso, vista na figura 9.3, tem-se os filtros LC montados.

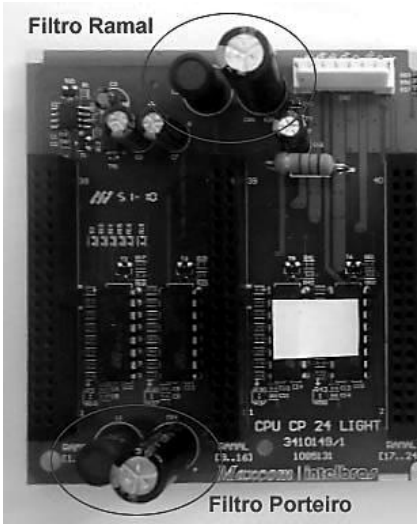



Figura 9.3 - Filtro LC.

### 9.1.2 Circuito Gerador de Tons

Na central, quando um ramal é retirado do gancho, uma via é alocada para este ramal. Ao mesmo tempo, o tom de discar oriundo do gerador de tons e o circuito detector de MF também são alocados na mesma via. Se um segundo telefone sair do gancho, outra via é alocada. Da mesma forma, o tom de discar e o detector de MF também são conectados na via para este segundo ramal. Até o 1º número ou caractere digitado no ramal, o tom de discagem está presente. Neste caso, com dois telefones discando simultaneamente o 1º número ou caractere, ocorriam casos de perda do dígito.

Avaliando o circuito, observou-se que o sinal presente na entrada do detector MF para o 1º dígito (mistura do sinal de tom com o MF propriamente dito) estava com nível AC acima do esperado. Para ajustar este valor, primeiramente foi feita a redução do nível do sinal de saída do gerador de tons.

No circuito gerador de tons, a amostragem do sinal de saída resultou em um valor pico-a-pico de 1,28 V, referenciado na tensão Vref. Após ajustes neste circuito, chegou-se a um valor ideal de aproximadamente 1,04 Vpp. Ambos os sinais são vistos na figura 9.4.

O nível AC do sinal de tom também afeta diretamente o usuário, pois o mesmo é enviado ao ramal quando o telefone é retirado do gancho. Com a redução do sinal, houve considerável melhoria no nível sonoro audível.

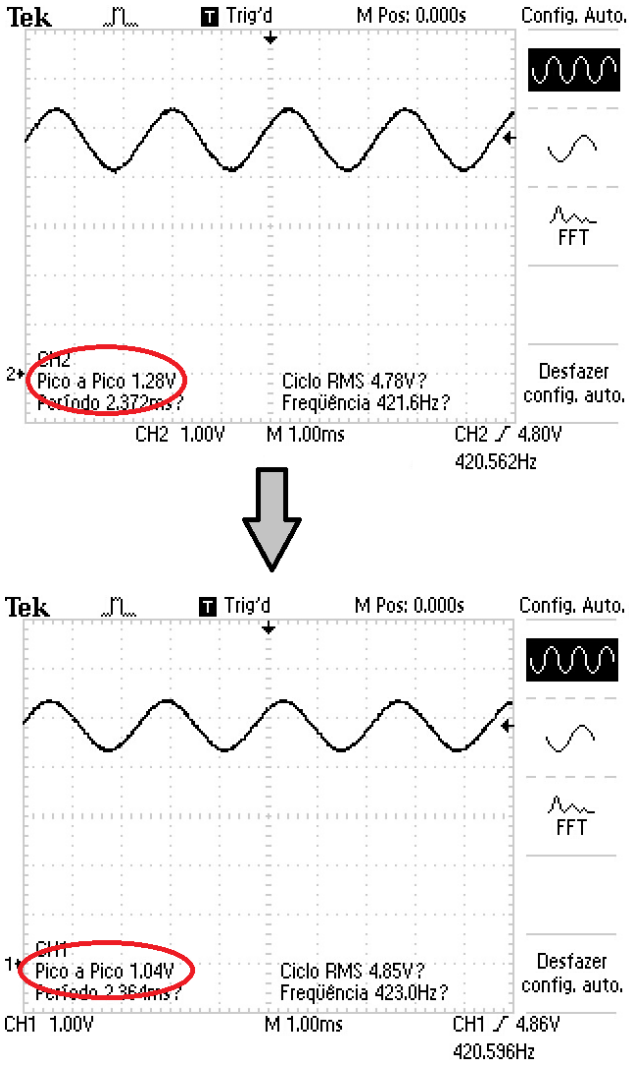



Figura 9.4 - Ajuste do sinal de saída do gerador de tons.

O nível de amplitude do sinal de saída – ou ganho – é controlado pela relação entre os resistores R155 e R143 do circuito gerador de tons. Partindo de uma relação de ganho de 1,18 (39kΩ/33kΩ), o sinal foi atenuado, com ganho ajustado para 0,81 (27kΩ/33kΩ). A alteração no circuito gerador de tons é mostrada na figura 9.5.

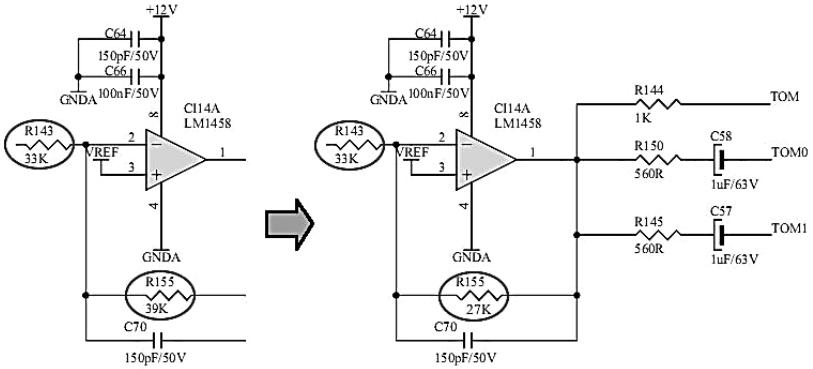



Figura 9.5 - Alteração da relação de ganho do gerador de tons.

As alterações na placa CPU são vistas na figura 9.6. Como estas envolvem apenas valores de componentes, o layout da PCI manteve seu desenho praticamente inalterado.

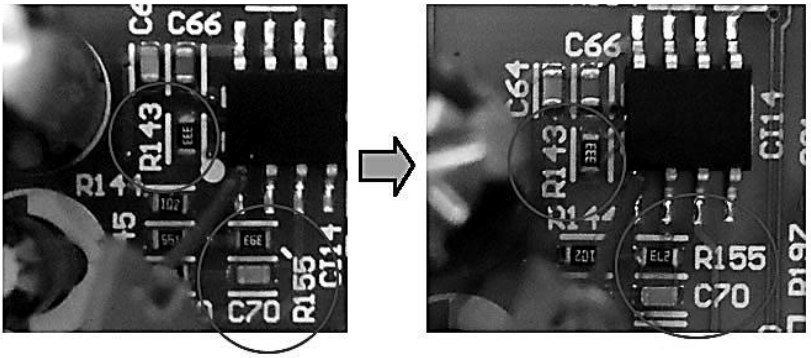



Figura 9.6 - Alteração de ganho do gerador de tons na placa.

### 9.1.3 Circuito Detector de MF

O circuito detector de MF foi ajustado devido ao mesmo problema relatado no item anterior, ou seja, a detecção do 1º número ou caractere oriundo do ramal quando o tom de discar está presente.

Pode-se observar o achatamento do sinal MF em algumas porções do sinal sinalizadas, conforme visto na figura 9.7.

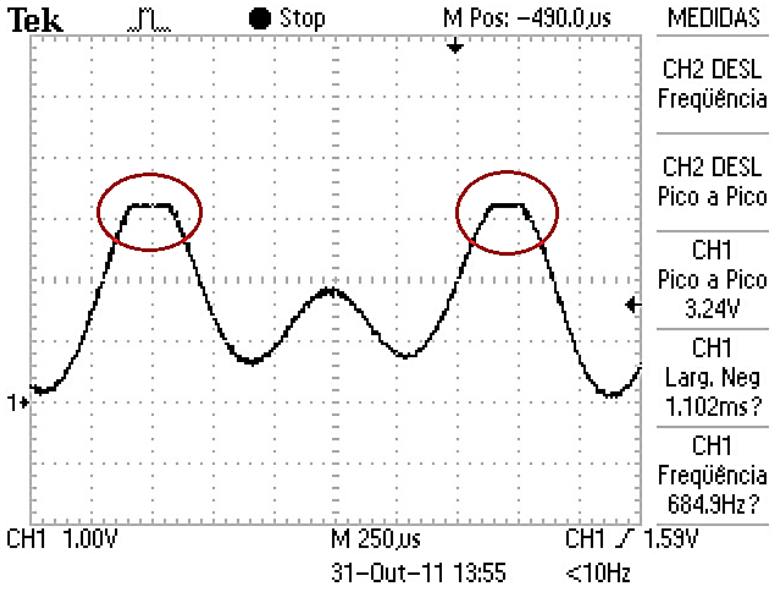



Figura 9.7 - Nivel do sinal AC MF.

O nível de amplitude do sinal de entrada, assim como no gerador de tons, é controlado pela relação entre os resistores R134 e R135. A relação inicial de ganho unitário (100kΩ/100kΩ) que resulta em um sinal de 3,24 Vpp na entrada do CI, sofreu atenuação, com ganho ajustado para 0,27 (27kΩ/100kΩ).

Desta forma, o valor para o sinal MF de entrada resultante é de 1,02 V. A alteração na forma de onda é mostrada na figura 9.8. Pode-se observar agora a não ocorrência do achatamento no sinal MF.

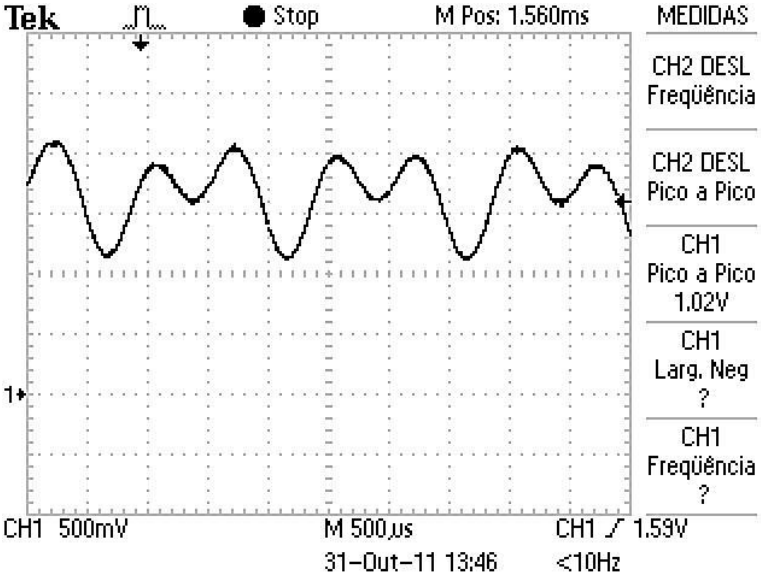



Figura 9.8 - Nivel do sinal AC MF corrigido.

Na figura 9.9 a parte do circuito detector alterado é mostrada. No canto inferior direito da figura temos o detalhe da porção interna do circuito de recepção de MF do CI HT9170 (configurado como amplificador inversor).

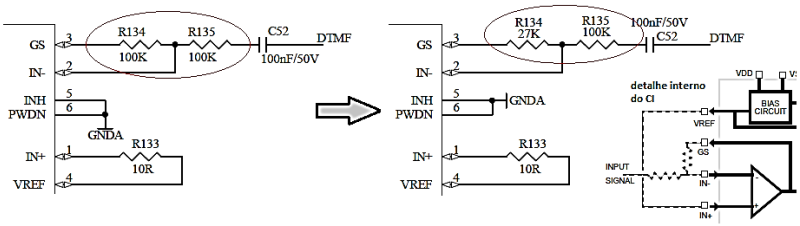



Figura 9.9 - Alteração da relação de ganho para o detector de MF.

As alterações na placa CPU para o detector MF são vistas na figura 9.10. Assim como para o gerador de tons, o *layout* da PCI manteve seu desenho original.

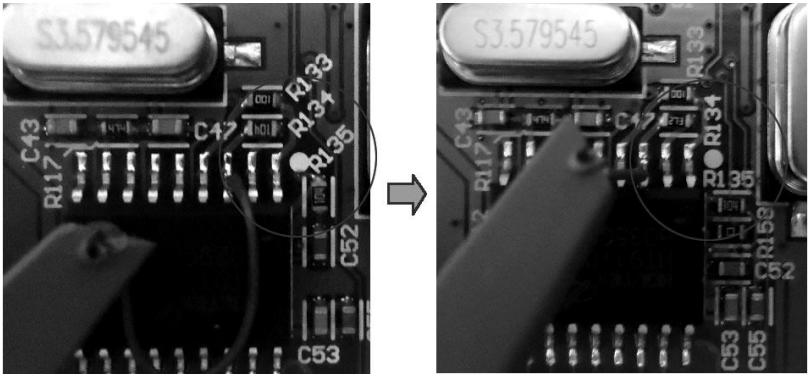



Figura 9.10 - Alteração de ganho do detector MF na placa.

### 9.1.4 Circuito de Tensão Vloop

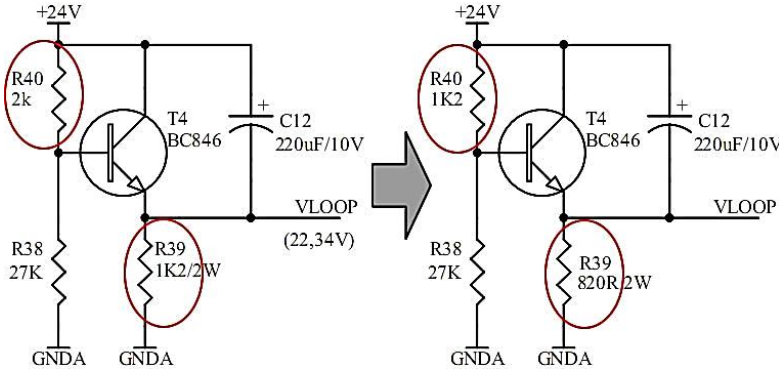



Figura 9.11 - Alteração do Circuito de VLOOP.

A tensão de VLOOP é gerada no circuito visto na figura 9.11, o qual forma uma fonte de tensão constante de 22,34 V. Esta tensão é gerada através da divisão resistiva entre R40 (2 kΩ) e R38 (27 kΩ), que faz T4 saturar deixando então sobre R39 (1,2 kΩ) a tensão VLOOP.

Detectou-se alteração no VLOOP (e consequentemente, na corrente de LOOP) quando mais uma de placa de ramal é conectada na placa Base/CPU. Isso se deve ao fato de que

temos apenas um circuito de VLOOP para as três placas de ramal. A cada nova placa conectada a impedância vista por este circuito em sua saída aumenta, fazendo com que a tensão de VLOOP aumente, e por consequência tenhamos o decremento da corrente, pois R39 mantém seu valor constante.

Para resolver este problema, o divisor resistivo que compõem este circuito foi alterado. O valor de R40 foi modificado para 1,2 kΩ, e o valor de R39 para 820 Ω, assim, a tensão sobre este fica em torno de 21,9 V. O R39 com valor menor melhora a estabilidade do circuito, e a corrente de LOOP enviada aos ramais se mantém constante.

A figura 9.12 mostra o circuito modificado na placa Base/CPU. O layout foi alterado para atender o processo, de forma a facilitar a montagem manual do capacitor C12 e do resistor R39.

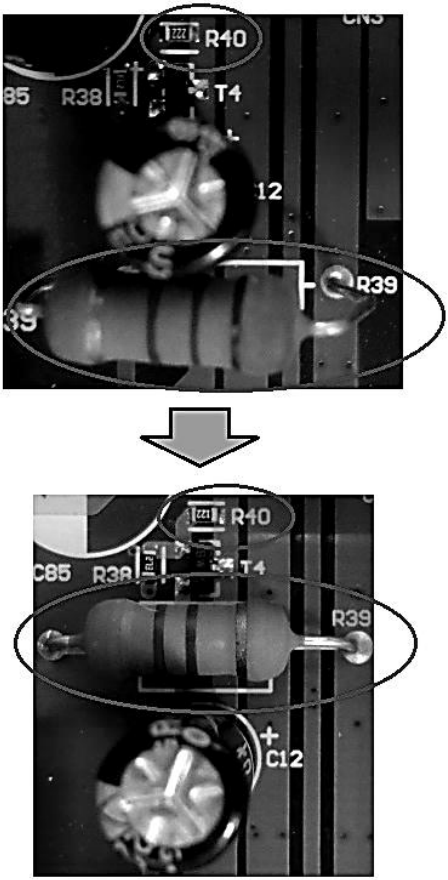



Figura 9.12 - Circuito de VLOOP na placa.

### 9.1.5 Circuito de Interface do Porteiro XPE 24 Light

A interface com o Porteiro XPE 24 Light sofreu alterações nos valores dos resistores de comunicação (interface de dados pelo FONE2), bem como no circuito de HOLD (que detecta a requisição de inicio de comunicação do porteiro com a central), a

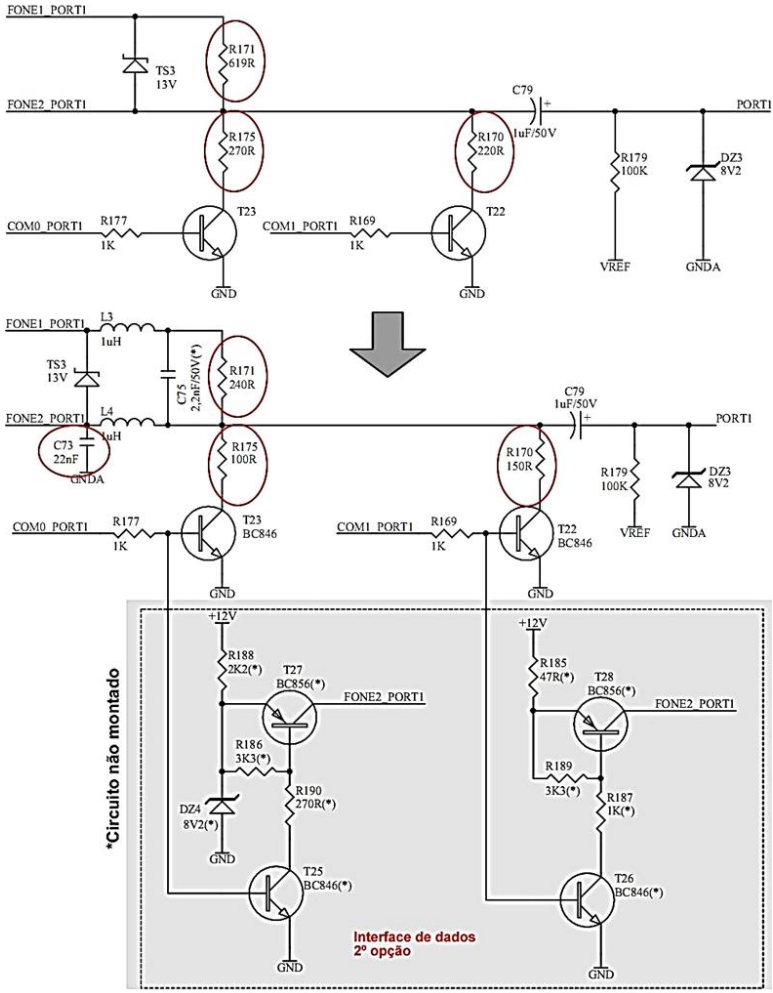



Figura 9.13 - Alteração da Interface do Porteiro.

fim de melhorar o tráfego de informações entre a central e o porteiro.

Estas alterações se deveram ao fato de que distâncias de até 100 metros entre porteiro e central podem existir. Verificou-se que para longas distâncias, além da perda de qualidade dos dados (os pulsos são sinais de tensão), havia falha na detecção do HOLD.

Na figura 9.13, são vistas as alterações neste circuito. R175 e R170 passaram de 270 Ω e 220 Ω para 100 Ω e 150 Ω, respectivamente. Ainda, R171 passou de 619 Ω para 240 Ω. Assim, a diferença de tensão entre o nível alto e baixo do pulso aumentou, o que garante maior robustez a interface. Há também menor possibilidade do áudio (que também trafega no FONE2) interferir na faixa de tensão do protocolo de comunicação devido à alteração no R171, o que antes comumente acontecia. Ainda, foram adicionados os capacitores C73 e C74 (22 nF) na entrada do FONE2, a fim de filtrar ruídos induzidos no cabo.

O circuito marcado como não montado na figura 9.13, é uma segunda opção de interface de dados. A mesma foi concebida para evitar os problemas já mencionados anteriormente. Testes preliminares demonstram maior robustez para esta configuração. Ademais, este nova interface é alvo de desenvolvimento futuro, não sendo do escopo deste trabalho.

Para garantir que estes mesmos ruídos não sejam detectados como sinal de HOLD, ao final foi inserido no circuito do sinal D_TOQ um capacitor de 1 uF (C80) conectado ao GND para atuar como filtro, a fim de evitar que detecções falsas sejam feitas pela central. R180 e R181 também foram alterados devido às grandes distâncias que podem ocorrer entre porteiro e central. R180 e R181 passaram de 10 kΩ para 150 kΩ e 33 kΩ, respectivamente. Estas alterações no circuito são mostradas na figura 9.14.

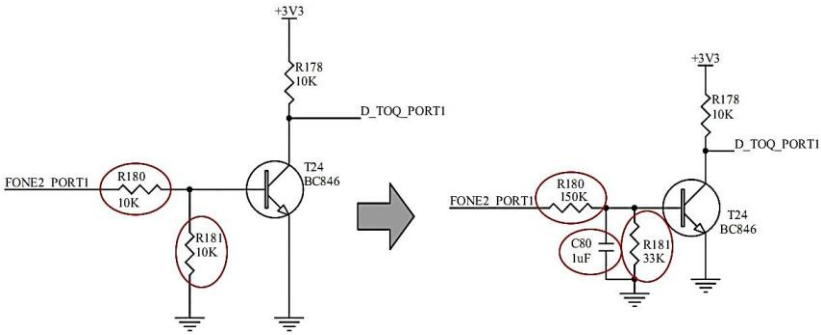



Figura 9.14 - Alteração no circuito D_TOQ.

A figura 9.15 mostra o circuito modificado na placa Base/CPU. O layout foi alterado para acomodar os novos componentes e circuitos, estando no espaço anteriormente ocupado pela interface serial RS-232.

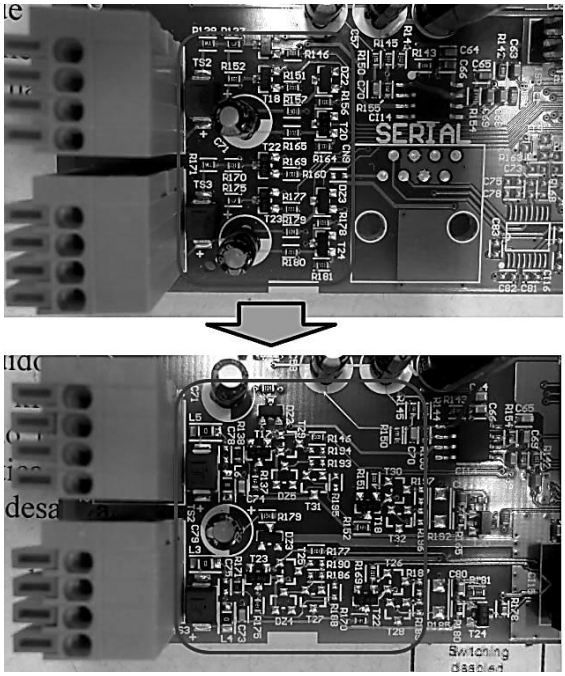



Figura 9.15 - Alteração da Interface do Porteiro na placa.

## 9.2 Módulo Ramal Desbalanceado

No módulo Ramal Desbalanceado, o ajuste necessário foi somente no circuito de monitoramento de *loop* interno, ou seja, no detector de ramal fora do gancho.

O divisor resistivo formado por R5X e R6X, que polariza o transistor T2X quando o ramal está no gancho (nivel logico 0 para o sinal ILOOP), e retira o transistor do estado de saturação com o ramal fora do gancho (nivel logico 1 para o sinal ILOOP), apresentava falhas caso o nível do áudio fosse muito alto, acima de aproximadamente 2,5 Vpp. Desta forma, a conversação era interrompida mesmo que o ramal não fosse colocado no gancho.

Analisando o circuito, percebeu-se que a tensão sobre o resistor R6X (nível de tensão entre base e emissor do transistor) com o ramal fora do gancho, fica em aproximadamente 375 mV. Para o transistor entrar em condução e indicar ramal no gancho, basta que este nivel chegue a 650 mV. Esta diferença de tensão é muito pequena, o que ocasiona disparos falsos no sinal ILOOP. Para sanar o problema, o resistor R6X foi alterado de 5,6 kΩ para 4,7 kΩ. Com esta alteração, o nível de tensão aproximado é de 260 mV, suficiente para garantir que não haja disparos falsos e que o sinal ILOOP funcione corretamente. O circuito alterado é mostrado na figura 9.16.

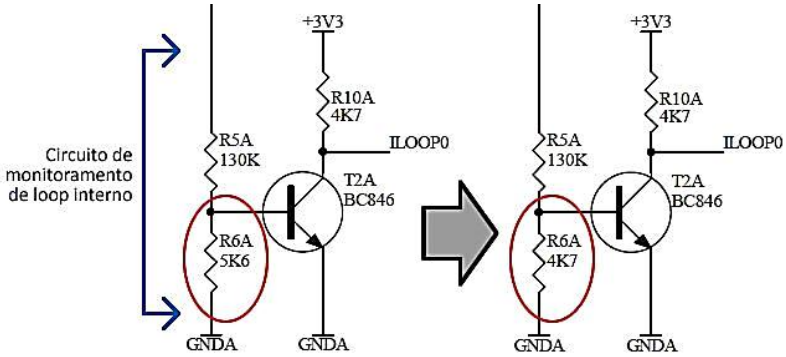



Figura 9.16 - Circuito de monitoramento de LOOP alterado.

A figura 9.17 mostra a alteração vista na placa de circuito impresso.

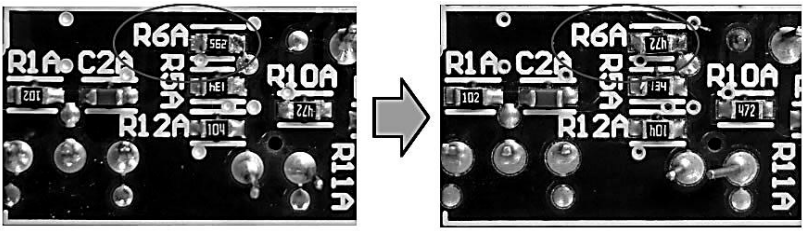



Figura 9.17 - Circuito de monitoramento de LOOP alterado na placa.

## 9.3 Módulo Fonte Chaveada

Na Fonte Chaveada, foram feitos ajustes nos seguintes circuitos:

- Controle de saída.
- Retificação e filtro DC (lado secundário), na saída de 24 V.

O conjunto destas alterações eliminou o “Modo Burst” gerado pelo chaveamento do MOSFET interno do CI e, por conseguinte, o filtro LC descrito no item 9.1.1.

### 9.3.1 Controle de Saída

Como citado anteriormente na concepção do filtro LC, verificou-se a presença de ruído nos ramais quando em conversação. Constatou-se que a causa do ruído é devido ao “Modo Burst” do chaveador PWM, que desliga o dreno do MOSFET interno deste quando a carga de saída é baixa o suficiente para permitir este modo de operação. Como o “modo Burst” é característica intrínseca do CI, não é possível desativar este modo de operação.

Para contornar este problema, alterou-se a malha de controle, ou seja, os componentes R32 e C28. Estes componentes influenciam a malha de controle, ou seja, se dimensionados de forma errada, há instabilidade no controle da

saída e a correção das tensões é prejudicada, o que pode ocasionar danos aos circuitos conectados a fonte de alimentação. R32 foi alterado de 33 kΩ para 56 kΩ, e C28 foi alterado de 68 nF para 22 nF, ou seja, tornou-se a resposta da malha mais rápida perante as variações de saída.

Também, alterou-se o valor dos resistores R30 e R31 de 20 kΩ e 2,37 kΩ para 68,1 kΩ e 8,01 kΩ, respectivamente. Ambos os resistores são de precisão, com tolerância de 1%. Juntamente com o CI KA431 são responsáveis pelo valor da tensão de saída lida pelo circuito de controle. Quanto maior o valor dos componentes do divisor resistivo, melhor é a leitura da tensão de saída, devido à corrente no divisor ser mínima. Na figura 9.18, são vistas as alterações realizadas no circuito.

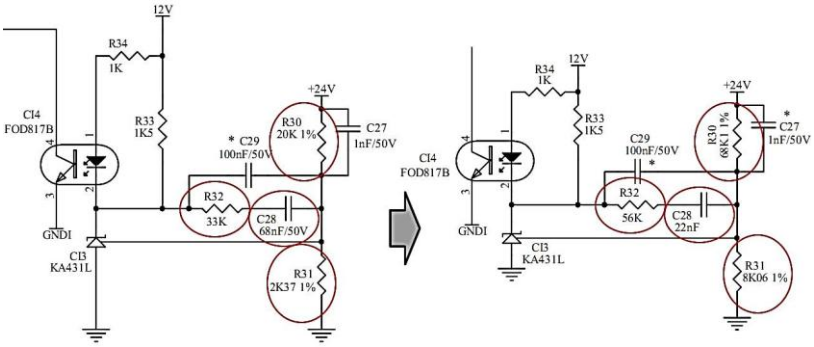



Figura 9.18 - Circuito de controle de saída alterado.

A figura 9.19 mostra as alterações na placa montada.

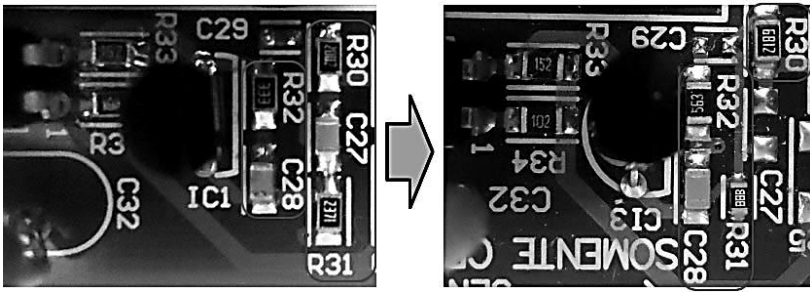



Figura 9.19 - Circuito de controle de saida alterado na placa.

### 9.3.2 Retificação e Filtro DC – Saída +24 V

Para garantir a operação da fonte sem o "Modo Burst", além das modificações na malha de controle, os resistores de pré-carga foram alterados na saída de +24 V, tensão esta utilizada como referência pelo circuito de realimentação. Os resistores de pré-carga (R23 e R24) foram alterados de 2,2 kΩ (1,1 kΩ para carga em paralelo) para 820 Ω (410 Ω para carga em paralelo). Desta forma, o consumo mínimo desta saída é maior, o que impede o chaveador de comutar o seu MOSFET interno, mas não compromete o desempenho da fonte quando há consumo significativo pela central ou porteiro. A alteração no circuito é vista na figura 9.20.

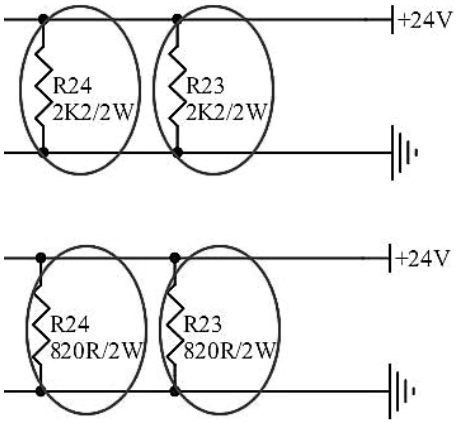



Figura 9.20 - Resistores de pré-carga.

A figura 9.21 mostra as alterações no circuito montado.

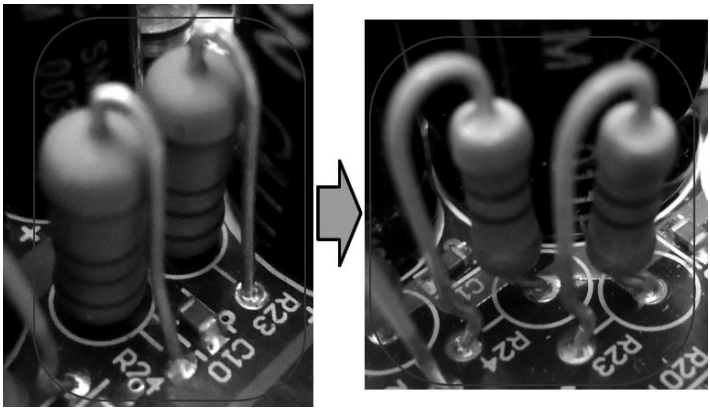


Figura 9.21 - Resistores de pré-carga montados na placa.

# 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Este trabalho descreve uma central de comunicação condominial de até 24 ramais, de baixo custo e com facilidades básicas, destinada exclusivamente ao mercado de pequenos condomínios, a fim de substituir as placas de interfonia atuais (também conhecidas como placas de rua).

Faz-se uma avaliação geral do hardware proposto e avaliações específicas de cada módulo que compõem o sistema. Em seguida, faz-se algumas recomendações de continuidade para o caso de melhorias no produto, e, por fim, chega-se à conclusão final.

## 10.1 Avaliação Geral

A central de portaria CP 24 Light, como um todo, mostrou atender de forma satisfatória os requisitos de projeto anteriormente descritos no item 7.1, bem como as premissas de custo para concorrer de forma direta com os painéis de interfonia em condomínios de até vinte e quatro apartamentos.

Testes de campo realizados durante três meses mostraram que o sistema como um todo apresenta robustez e confiabilidade em uso contínuo, sendo que este não apresenta travamentos indesejados, e os usuários conseguem executar as operações básicas sem dificuldades. Os instaladores que executaram o cabeamento, instalação e configuração da central, se mostraram satisfeitos com o uso desta, o que se traduz em flexibilidade e simplicidade do sistema, além de custo baixo devido à velocidade com que a adequação da central pode ser feita nos condomínios com cabeamento já existente.

## 10.2 Avaliações Específicas

O sistema divide-se em três módulos básicos: Placa Base/CPU, Placa Ramal Desbalanceado e Placa Fonte Chaveada. Além disso, há o porteiro eletrônico dedicado XPE 24

Light, o qual não faz parte do escopo deste trabalho e, portanto, não foi avaliado.

A placa Base/CPU mostrou-se totalmente funcional desde o 1º protótipo, sendo que apenas pequenas melhorias precisaram ser feitas de modo a aperfeiçoar os circuitos, conforme descrito no item 9.1. As melhorias de hardware descritas anteriormente afetaram diretamente a qualidade dos sinais processados pela central, com a melhoria significativa no uso desta em campo. Sob o foco do processo produtivo, apenas modificou-se o circuito de VLOOP para aperfeiçoar a montagem manual, e a serigrafia dos circuitos integrados a fim de facilitar a manutenção futura da central.

A placa Ramal Desbalanceado sofreu alteração somente no circuito de monitoramento de loop interno, como descrito no item 9.2.

Na placa Fonte Chaveada, houve apenas melhorias na malha de controle e na pré-carga da saída de + 24 V, o que eliminou o ruído dos ramais provocado anteriormente pelo “Modo Burst”. Estas alterações são descritas no item 9.3.

## 10.3 Recomendações de Continuidade

Do ponto de vista de desempenho, detectou-se que a interface de dados com o porteiro XPE 24 Light (vista nos itens 7.3.1.14 e 9.1.5) é o único sistema que deve ser melhorado. Neste caso, o objetivo é aumentar a velocidade na troca de dados entre porteiro e central, com o uso da 2º opção de interface, vista na figura 9.13. Com relação a custos, apenas tem-se o tempo de desenvolvimento e testes, pois os componentes já são utilizados.

Na prática, maior velocidade na abertura de fechaduras e portões, na abertura da fechadura com senha (que fica armazenada na central) e nas ligações ramal $\leftrightarrow$ ramal e ramal $\leftrightarrow$ porteiro deve ser alcançada, o que se traduz em maior conforto do usuário no uso do sistema.

Do ponto de vista do processo produtivo, todas as placas serão submetidas a alterações para que alguns componentes sejam montados em máquina de inserção radial, utilizada para montar principalmente capacitores eletrolíticos, transistores PTH, varistores e alguns conectores. Estas modificações afetam

diretamente o custo de produção, pois a montagem manual é substituída pela inserção automática e tempos menores de processo são alcançados.

## 10.4 Conclusão

No comparativo por ramal instalado, a central mostrou-se competitiva frente às placas de interfonia, com custo equivalente para o condominio. Em contrapartida, oferece tecnologia microprocessada, maiores recursos para o usuário, sigilo na conversação, ligação direta e sem custo entre apartamentos.

Tem-se também a possibilidade de instalação de até dois porteiros eletrônicos dedicados, o que torna o sistema simples de instalar e operar. Ainda, custos com cabeamento e infraestrutura são reduzidos se comparados as placas de rua, pois somente quatro fios são usados em cada porteiro eletrônico (nas placas de rua, uma via deve ser utilizada para cada apartamento e pode-se ter até vinte e quatro vias neste caso, para cada placa instalada).

Também, parques já existentes com placas de interfonia podem utilizar a central, o que demonstra vantagens para os instaladores, pois o tempo de instalação é reduzido. Ainda, o custo oneroso com a manutenção das placas de rua é eliminado gerando menos desconforto e custos ao condomínio. O custo de mão-de-obra e manutenção para os usuários com o uso da central é reduzido.

Portanto, o trabalho apresentou resultados satisfatórios dentro do escopo apresentado, funcional e economicamente viável. O atendimento aos requisitos de projeto e a aplicabilidade do sistema foi comprovada, como demonstrado no parque já instalado em campo, que corresponde a oito diferentes condomínios, todos anteriormente utilizando placas de interfonia.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


BIGELOW, STEPHEN J. **Understanding Telephone Electronics**, 3° ed., SAMS Computer Publishing Division of Prentice Hall, Carmel IA, 1992.

CAMBRIDGE ELECTRONICS LABORATORIES. **Telecom Design Tricks**. Somerville MA, 1994. Disponível em <http://www.camblab.com/lit/trix_v_2.pdf>. Acesso em: ago. 2010.

JESZENSKY, P. J. E. **Sistemas Telefônicos**. Manole, 2004.

MEGRICH, A. **Curso de Telefonia Básica**, Editele, 1992.

NOLL, A. M. **Introduction to Telephones and Telephone Systems**, 2° ed., Artech House, Boston and London, 1991.

LIMA, S. R. **Manual do Usuário: CP 24 Light/XPE 24 Light**. Intelbras, 2011.

WIKIPEDIA THE FREE ENCYCLOPEDIA. **Business Telephone System.** Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Private_branch_exchange>. Acesso em: jan. 2011.

WIKIPÉDIA A ENCICLOPÉDIA LIVRE. **Private Branch Exchange - PBX**. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/PBX>. Acesso em: jan. 2011.